

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年5月4日(04.05.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/074597 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 1/115 (2015.01) *G02B 5/00* (2006.01)
G02B 1/14 (2015.01) *G02B 7/02* (2021.01)
G02B 1/18 (2015.01) *G02B 13/04* (2006.01)
G02B 3/00 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
G02B 3/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/039433

(22) 国際出願日: 2022年10月24日(24.10.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

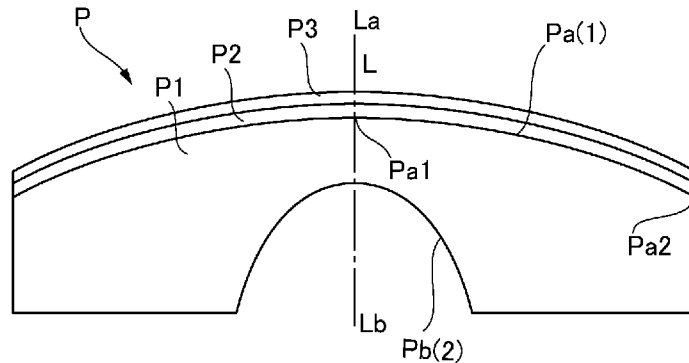
特願 2021-178177 2021年10月29日(29.10.2021) JP
特願 2022-064019 2022年4月7日(07.04.2022) JP

(71) 出願人: 日本電産株式会社 (NIDEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 Kyoto (JP). 日本電産サンキョー株式会社 (NIDEC SANKYO CORPORATION) [JP/JP]; 〒3938511 長野県諏訪郡下諏訪町 5 3 2 9 番地 Nagano (JP).

(72) 発明者: ダマスコ ティ ジェニファートレス (DAMASCO Ty Jennifer Torres); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 加本 貴則 (KAMOTO Takanori); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 杉本 建(SUGIMOTO Takeru); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 川

(54) Title: PLASTIC LENS, LENS UNIT AND METHOD FOR PRODUCING PLASTIC LENS

(54) 発明の名称: プラスチックレンズ、レンズユニットおよびプラスチックレンズの製造方法



(57) Abstract: The present invention provides: a plastic lens which has further improved durable quality; and a lens unit. A plastic lens P according to the present invention is provided with: a lens main body P1 that is formed of a resin; a hard coat layer P2 that covers at least one surface Pa of the lens main body P1; and an antireflection layer P3 that covers the hard coat layer P2 from the reverse side from the lens main body P1. With respect to the antireflection layer P3, the outermost layer that is farthest from the lens main body P1 is composed of a silicon dioxide film. The total film thickness AR and



上 政孝(KAWAKAMI Masataka); 〒3938511 長野県諏訪郡下諏訪町 5 3 2 9 番地 日本電産サンキョー株式会社内 Nagano (JP). 山本明典(YAMAMOTO Akinori); 〒3938511 長野県諏訪郡下諏訪町 5 3 2 9 番地 日本電産サンキョー株式会社内 Nagano (JP).

(74) 代理人: 梶原 慶(KAJIHARA Kei); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社 知的財産部内 Kyoto (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the film thickness t_s of the outermost layer of the antireflection layer P3 satisfy the following conditional expressions.
 $200 \text{ nm} \leq AR \leq 500 \text{ nm}$ $60 \text{ nm} \leq t_s \leq 150 \text{ nm}$

(57) 要約: 耐久品質をより向上することができるプラスチックレンズ、およびレンズユニットを提供すること。プラスチックレンズ P は、樹脂製のレンズ本体 P 1 と、レンズ本体 P 1 の少なくとも一方向 P a を覆うハードコート層 P 2 と、ハードコート層 P 2 をレンズ本体 P 1 とは反対側から覆う反射防止層 P 3 とを備える。反射防止層 P 3 においてレンズ本体 P 1 から最も離隔する最外層は二酸化珪素膜である。反射防止層 P 3 の総膜厚 AR および最外層の膜厚を t_s は、以下の条件式を満たす。 $200 \text{ nm} \leq AR \leq 500 \text{ nm}$ $60 \text{ nm} \leq t_s \leq 150 \text{ nm}$

明 細 書

発明の名称：

プラスチックレンズ、レンズユニットおよびプラスチックレンズの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラスチックレンズ、レンズユニットおよびプラスチックレンズの製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] プラスチックレンズは、ガラスレンズに比べて、成形性等に優れている一方、傷が付きやすい。このため、レンズユニット等において最も物体側に配置されるレンズにはガラスレンズが多用される（例えば、特許文献1参照）。一方、アクリル樹脂やカーボネート樹脂からなるプラスチック製のレンズ本体の表面にハードコート層を設け、傷が付きにくくする技術が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国公開公報特開2017-181857号公報
特許文献2：日本国公開公報特開2008-76598号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献2に記載のプラスチックレンズは、眼鏡レンズを対象とするものである。一方、監視カメラや車載カメラに用いられるレンズには、眼鏡レンズと比較して、温度変化が大きな環境下で使用されるため、耐久品質がより強く求められる。このため、特許文献2に記載の構成では、十分に対応することができないという問題点ある。

[0005] 以上の問題点に鑑みて、本発明の課題は、例えば耐久品質をより向上する

ことができるプラスチックレンズ、およびレンズユニットを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明は、樹脂製のレンズ本体と、前記レンズ本体の少なくとも一方面を覆うハードコート層と、前記ハードコート層を前記レンズ本体とは反対側から覆う反射防止層と、を備え前記反射防止層の総膜厚 AR は、以下の条件式 (1)

$$200\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm} \cdots (1)$$

を満たし、

前記反射防止層において前記レンズ本体から最も離隔する最外層は二酸化珪素膜であって、前記最外層の膜厚を t_s としたとき、膜厚 t_s は、以下の条件式 (2)

$$60\text{ nm} \leq t_s \leq 150\text{ nm} \cdots (2)$$

を満たすことを特徴とする。

[0007] 本発明において、反射防止層の総の総膜厚 AR は、 200 nm 以上、かつ 500 nm 以下であるため、プラスチックレンズの反射防止層として優れている。また、反射防止層の最外層を二酸化珪素膜としたため、実使用環境においてプラスチックレンズに傷がつきにくく、レンズユニットとしての画像のボケや乱れが起きにくい。それ故、耐久性の高いレンズユニットを構成することができる。さらに、本発明では、最外層の膜厚 t_s が 60 nm 以上であって、 150 nm 以下であるので、反射防止層の耐薬品性が優れるとともに、光学薄膜の反射防止特性が得られる。

[0008] また、本発明は、樹脂製のレンズ本体と、前記レンズ本体の少なくとも一方面を覆うハードコート層と、前記ハードコート層を前記レンズ本体とは反対側から覆う反射防止層と、を備え、

前記反射防止層の総膜厚 AR は、以下の条件式 (1)

$$200\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm} \cdots (1)$$

を満たし、

前記反射防止層のナノインデントー押込み弾性率 E は、以下の条件式（３））

$$70\text{ GPa} \leq E \leq 110\text{ GPa} \cdots (3)$$

を満たすことを特徴とする。

[0009] 本発明において、反射防止層の総の総膜厚 AR は、 200 nm 以上、かつ 500 nm 以下であるため、プラスチックレンズの反射防止層として優れている。本発明では、ナノインデントー押込み弾性率が 70 GPa 以上 110 G 以下であれば、耐傷性と膜応力を両立できる。

[0010] 本発明において、前記レンズ本体は、環構造として環状イミド構造を有していることが好ましい。

[0011] 本発明において、前記反射防止層は、二酸化珪素膜と、二酸化珪素膜より屈折率が高い高屈折率膜とが交互に積層された誘電体多層膜であり、前記反射防止層において前記レンズ本体から最も離隔する最外層は二酸化珪素膜である態様を採用することができる。

[0012] 本発明において、前記高屈折率膜は四窒化三珪素膜である態様を採用することができる。

[0013] 本発明において、前記ハードコート層は、シリカ粒子を含有し、前記ハードコート層における前記シリカ粒子の含有率を S としたとき、含有率 S は以下の条件式（４）

$$40\% \leq S \leq 65\% \cdots (4)$$

を満たすことが好ましい。

[0014] 本発明において、前記レンズ本体は、例えば、主鎖に環構造を有する構造単位を有するメタクリル系樹脂であって、前記構造単位が、 N -置換マレイミド単量体由来の構造単位、およびグルタリイミド系構造単位のうち、少なくとも一種の構造単位を含む態様を採用することができる。

[0015] 本発明において、前記一方面的曲率半径を $R11$ としたとき、曲率半径 $R11$ は、以下の条件式（５）

$$9.000\text{ mm} \leq R11 \leq 16.000\text{ mm} \cdots (5)$$

を満たすことが好ましい。

[0016] 本発明において、前記レンズ本体の前記一方面は、非球面である態様を採用することができる。レンズ本体の一方面を非球面とすることにより、より高解像度なレンズユニットにすることができる。

[0017] 本発明において、前記一方面の曲率半径を R_{11} とし、前記プラスチックレンズの焦点距離を f_1 としたとき、曲率半径 R_{11} および焦点距離 f_1 は、以下の条件式 (6)

$$-5.000 \leq R_{11} / f_1 \leq -1.000 \cdots (6)$$

を満たすことが好ましい。

[0018] 本発明において、前記一方面の有効半径を s_{d11} とし、前記一方面の中心から前記有効半径に対応する半径位置まで前記一方面に沿って測定したときの距離を ARS_{11} としたとき、有効半径 s_{d11} および距離 ARS_{11} は、以下の条件式 (7)

$$1.000 < ARS_{11} / s_{d11} < 1.013 \cdots (7)$$

を満たすことが好ましい。

[0019] 本発明に係るプラスチックレンズを含む複数のレンズを備えたレンズユニットにおいて、前記プラスチックレンズは、前記複数のレンズのうち、最も物体側で前記一方面を物体側に向けて配置される。

[0020] 本発明において、前記一方面の曲率半径を R_{11} とし、前記複数のレンズからなるレンズ系全体の焦点距離を f_0 としたとき、曲率半径 R_{11} および焦点距離 f_0 は、以下の条件式

$$8.000 \leq R_{11} / f_0 \leq 14.000$$

を満たすことが好ましい。

[0021] 本発明において、半画角を ω としたとき、半画角 ω は以下の条件式

$$75 \text{ deg} \leq \omega \leq 120 \text{ deg}$$

を満たし、

前記一方面の曲率半径を R_{11} とし、前記一方面の有効半径を s_{d11} としたとき、曲率半径 R_{11} および有効半径 s_{d11} は、以下の条件式 (8)

$$0.300 \leq s d 11 / R 11 \leq 0.600 \cdots (8)$$

を満たすことが好ましい。

[0022] 本発明に係るプラスチックレンズにおいて、前記レンズ本体は、環構造として環状イミド構造を有し、前記ハードコート層は、シリカ粒子を含有し、前記ハードコート層における前記シリカ粒子の含有率をSとしたとき、含有率Sは以下の条件式(9)

$$20\% \leq S \leq 40\% \cdots (9)$$

を満たし、

前記ハードコート層の重合度をDPとしたとき、重合度DPは以下の条件式(10)

$$70\% \leq DP \leq 100\% \cdots (10)$$

を満たすことが好ましい。

[0023] ここで、ハードコート層のシリカ含有率が高くなれば、ハードコート層の表面に設けた反射防止層の硬度を高くすることができる。しかしながら、シリカ含有率が高くなると、プラスチックレンズの耐候性が低下しやすくなる。より具体的には、このプラスチックレンズを屋外で使用する場合には、温湿度変化や紫外線などによって、ハードコート層に亀裂が発生しやすい。よって、本発明によれば、ハードコート層の重合度が条件式(10)の範囲であれば、シリカ含有率を条件式(9)の範囲まで下げても反射防止層の硬度を高くすることができる。また、シリカ含有率を下げることができるので、このプラスチックレンズを屋外で使用しても、ハードコート層に亀裂が発生しにくい。よって、プラスチックレンズの耐久品質をより向上させることができる。

[0024] 本発明において、前記ハードコート層の膜厚HCは、以下の条件式(11)

$$6 \mu m \leq HC \leq 15 \mu m \cdots (11)$$

を満たすことが好ましい。このようにすれば、ハードコート層の表面に設けた反射防止層の硬度を高くすることができる。

- [0025] 本発明において、前記反射防止層を前記レンズ本体とは反対側から覆う防汚層、を備えることが好ましい。このようにすれば、プラスチックレンズを屋外で使用する場合に、プラスチックレンズの表面が汚れにくいので、プラスチックレンズのレンズ性能が低下することを抑制することができる。
- [0026] 本発明において、前記レンズ本体のガラス転移温度は 120°C 以上であることが好ましい。このようにすれば、反射防止層を成膜する際に、成膜温度を低く抑えることが可能となる。これにより、反射防止層の残留応力を低減できるので、反射防止層に傷がつきにくい。
- [0027] 次に、本発明は、少なくともプラスチックレンズの一方面に反射防止層を形成する形成工程を含むプラスチックレンズの製造方法において、前記プラスチックレンズのガラス転移温度は 120°C 以上であり、前記形成工程では、前記反射防止層の成膜温度は、前記プラスチックレンズのガラス転移温度よりも低く、前記反射防止層の成膜温度と前記プラスチックレンズのガラス転移温度との差は、 30°C 以上であることを特徴とする。
- [0028] 本発明において、反射防止層の成膜温度をプラスチックレンズのガラス転移温度より 30°C 以上低く抑えることによって、MTF変化を抑えることができ、解像度を維持することができる。また、成膜温度を低く抑えることによって、反射防止層の残留応力を低減できるので、反射防止層に傷がつきにくい。

発明の効果

- [0029] 本発明において、反射防止層の総の総膜厚ARは、 200nm 以上、かつ 500nm 以下であるため、プラスチックレンズの反射防止層として優れている。

図面の簡単な説明

- [0030] [図1]本発明を適用したプラスチックレンズの説明図。
[図2]図1に示すプラスチックレンズの鉛筆硬度を示す説明図。
[図3]図1に示すハードコート層を形成する条件を示す説明図。
[図4]図1に示すハードコート層を形成するための塗布液の粘度とハードコー

ト層の厚さとの関係を示すグラフ。

[図5]図1に示すハードコート層におけるシリカ含有率と反射防止層表面の鉛筆硬度との関係を示すグラフ。

[図6]図1に示すハードコート層の膜厚差とMTFとの関係を示すグラフ。

[図7]図1に示すハードコート層の膜厚差と画角との関係を示すグラフ。

[図8]図1に示す反射防止層の層構造を示す説明図。

[図9]図1に示す反射防止層の光学特性を示す説明図。

[図10]は、図1に示す反射防止層のナノインデントー押込み弾性率を示す説明図。

[図11]図1に示す反射防止層等のビッカース硬度を示す説明図。

[図12]図1に示すレンズ本体を構成する樹脂の線膨張係数を示すグラフ。

[図13]図1に示す反射防止層P3を成膜する際の温度と画角変化量との関係を示すグラフ。

[図14]図1に示す反射防止層を成膜する際の温度とMTF変化量との関係を示すグラフ。

[図15]本発明の実施例1に係るレンズユニットの説明図。

[図16]図15に示すレンズユニットにおける各レンズデータおよび非球面係数等を示す説明図。

[図17]図15に示すレンズユニットの主なパラメータを示す説明図。

[図18]図15に示すレンズユニットの光学特性を示す説明図。

[図19]図15に示すレンズユニットの横収差を示す説明図。

[図20]本発明の実施例2に係るレンズユニットの説明図。

[図21]図20に示すレンズユニットにおける各レンズデータおよび非球面係数等を示す説明図。

[図22]図20に示すレンズユニットの光学特性を示す説明図。

[図23]図20に示すレンズユニットの横収差を示す説明図。

[図24]他のハードコート層におけるシリカ含有率と重合度との関係を示すグラフ。

[図25]他のハードコート層におけるシリカ含有率と膜厚との関係を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、本発明を適用したプラスチックレンズ、およびレンズユニットを説明する。（プラスチックレンズPの構成）

図1は、本発明を適用したプラスチックレンズPの説明図である。図1に示すように、図1に示すプラスチックレンズPは、光軸Lの延在方向の物体側Laに向く一方面Paと、物体側Laとは反対の像側Lbに向く他方面Pbとを備えている。本発明は、一方面Paが球面あるいは非球面のいずれであっても適用することができ、他方面Pbが球面あるいは非球面のいずれであっても適用することができる。図1に例示するプラスチックレンズPは、物体側Laに凸面を向けたメニスカスレンズであり、像側Lbに凹面を向けている。

[0032] 本形態のプラスチックレンズPは、少なくとも、樹脂製のレンズ本体P1と、レンズ本体P1の一方面Paを覆うハードコート層P2と、ハードコート層P2をレンズ本体P1とは反対側から覆う反射防止層P3とを備えている。かかるプラスチックレンズPの製造方法では、後述するように、レンズ本体P1を成形した後、ハードコート層P2を成膜するハードコート層形成工程と、反射防止層P3を形成する反射防止層形成工程とを行う。

[0033] （レンズ本体P1の構成）

図2は、図1に示すプラスチックレンズPの鉛筆硬度を示す説明図である。図2には、環構造として環状イミド構造を有する樹脂を用いた本発明を適用したプラスチックレンズPの鉛筆硬度をC1で示し、環状イミド構造を有しない汎用のメタクリル樹脂を用いた比較例に係るプラスチックレンズの鉛筆硬度をC2で示してある。

[0034] レンズ本体P1を構成するプラスチックは、JIS-K7121に準拠して測定した場合のガラス転移温度（Tg）が110℃以上であることが好ましい。また、レンズ本体P1の成形性等を考慮すると、レンズ本体P1を構

成するプラスチックは、ガラス転移温度 T_g が 200°C 以下であることが好ましい。よって、レンズ本体 P1 を構成するプラスチックは、ガラス転移温度 T_g が 110°C 以上、かつ 200°C 以下であることが好ましい。また、熱的安定性を考慮すると、レンズ本体 P1 を構成するプラスチックは、ガラス転移温度 T_g が 130°C 以上、かつ 200°C 以下であることが好ましい。

[0035] レンズ本体 P1 を構成するプラスチックは、環構造として環状イミド構造を有する樹脂である。より具体的には、レンズ本体 P1 は、主鎖に環構造を有する構造単位を有するメタクリル系樹脂であって、構造単位は、N-置換マレイミド単量体由来の構造単位、およびグルタリイミド系構造単位のうち、少なくとも一種の構造単位を含む。より具体的には、レンズ本体 P1 は、主鎖に上記の環構造を有する構造単位 (X) とメタクリル酸エステル単量体由来の構造単位 (Y) とを含む。本実施形態において、レンズ本体 P1 は、上記の構造単位 (X) と構造単位 (Y) とのみからなる。

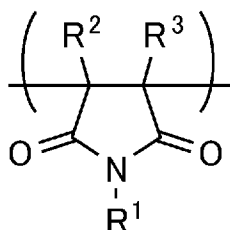
[0036] かかる構造単位を含むメタクリル系樹脂は、耐熱性と光学特性との両方に優れている。より具体的には、レンズ本体 P1 を構成する樹脂は、環状イミド構造を有するため、透明であり、通常のメタクリル系樹脂等と比較してガラス転移温度 T_g が 30°C から 40°C 高い。従って、レンズ本体 P1 は、例えば 110°C の温度に晒されても変形せず、光透過率は 90% を超える。かかる樹脂については、例えば、日本国公開公報特開 $2018-53044$ 号公報や日本国公開公報特開 $2020-63436$ 号公報に例示されている。

[0037] メタクリル酸エステル単量体由来の構造単位 (Y) は、例えば、以下に示すメタクリル酸エステル類から選ばれる 1 種あるいは 2 種以上の単量体由来する。メタクリル酸エステルとしては、例えば、メタクリル酸メチル、メタクリル酸エチル、メタクリル酸 n-プロピル、メタクリル酸イソプロピル、メタクリル酸 n-ブチル、メタクリル酸イソブチル、メタクリル酸 t-ブチル、メタクリル酸 2-エチルヘキシル、メタクリル酸シクロペンチル、メタクリル酸シクロヘキシル、メタクリル酸シクロオクチル、メタクリル酸トリシクロデシル、メタクリル酸ジシクロオクチル、メタクリル酸トリシクロ

ドデシル等が挙げられる。

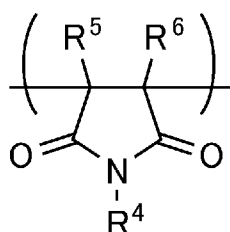
[0038] N-置換マレイミド単量体由来の構造単位 (X) は、下記式 (1) で表される構造単位、および下記式 (2) で表される構造単位からなる群から選ばれる 1 種あるいは 2 種以上の構造単位から形成される。

[0039] [化1]



[0040] 式 (1) 中、R¹ は、炭素数 7～14 のアリールアルキル基、または炭素数 6～14 のアリール基である。R² および R³ は各々、水素原子、酸素原子、硫黄原子、炭素数 1～12 のアルキル基、または炭素数 6～14 のアリール基である。R² または R³ がアリール基の場合には、R² または R³ は置換基としてハロゲン原子を含んでいてもよい。

[0041] [化2]

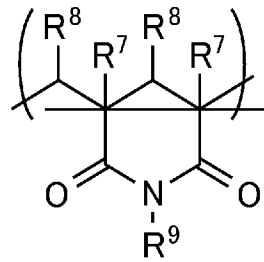


[0042] 式 (2) 中、R⁴ は、水素原子、炭素数 3～12 のシクロアルキル基、または炭素数 1～12 のアルキル基である。R⁵ 及び R⁶ は各々、水素原子、酸素原子、硫黄原子、炭素数 1～12 のアルキル基、または炭素数 6～14 のアリール基である。

[0043] グルタルイミド系構造単位は、下記式 (3) で表される。

[0044]

[化3]



[0045] 上記式（３）において、 R_7 及び R_8 は各々、例えば、水素原子またはメチル基である。 R_9 は、水素原子、メチル基、ブチル基、またはシクロヘキシル基である。 R_7 はメチル基であり、 R_8 は水素であり、 R_9 はメチル基である。

[0046] かかる環状イミド構造を有する樹脂を用いてレンズ本体 P_1 を形成した場合には、環状イミド構造を有しない汎用のメタクリル樹脂を用いてレンズ本体 P_1 を形成した場合よりレンズ面の鉛筆硬度が高い。例えば、環状イミド構造を有しない汎用のメタクリル樹脂を用いてレンズ本体 P_1 を形成した場合、ハードコート層 P_2 および反射防止層 P_3 を設けた状態におけるレンズ面の鉛筆硬度は、図 2 に棒グラフ C_2 で示すように、約 5 H であるのに対し、環状イミド構造を有するメタクリル樹脂を用いてレンズ本体 P_1 を形成した場合、ハードコート層 P_2 および反射防止層 P_3 を設けた状態におけるレンズ面の鉛筆硬度は、図 2 に棒グラフ C_1 で示すように、約 6 H である。なお、プラスチックレンズ P の樹脂材料には、紫外線吸収剤を添加してもよい。

[0047] （ハードコート層 P_2 の構成）

図 1 に示すプラスチックレンズ P において、ハードコート層 P_2 は、プラスチックレンズ基材に耐擦傷性を付与するとともに、レンズ本体 P_1 を構成するプラスチック基材と反射防止層 P_3 との密着性を高めている。

[0048] 本形態において、ハードコート層 P_2 は、有機材料層や有機ケイ素化合物層からなるベース層を備える。また、ハードコート層 P_2 は、ベース層に金属酸化物微粒子が分散した層からなる。金属酸化物微粒子の具体例としては

SiO_2 、 Al_2O_3 、 SnO_2 、 TiO_2 等の金属酸化物からなる。本形態では、金属酸化物微粒子として、 SiO_2 （シリカ）が用いられる。

[0049] 有機材料層の形成には、各種樹脂層が用いられる。有機ケイ素化合物層の形成には、例えば、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン、テトラプロポキシシラン、テトライソプロポキシシラン、テトラブトキシシラン、ビニルトリアルコキシシラン、アリルトリアルコキシシラン、アクリルオキシプロピルトリアルコキシシラン等が用いられる。

ハードコート層P2を形成するための塗布液は、ベース層を形成するための液状物に金属酸化物微粒子を分散させた塗布液が用いられる。また、ハードコート層P2を形成する際、レンズ本体P1の表面に、レンズ本体P1とハードコート層P2との密着性等を向上するための酸処理やプライマー処理等の前処理が行われることがある。

[0050] （ハードコート層P2の形成方法等）

図3は、図1に示すプラスチックレンズPのハードコート層P2を形成する条件を示す説明図である。図4は、図1に示すハードコート層P2を形成するための塗布液の粘度とハードコート層の厚さとの関係を示すグラフである。図5は、図1に示すハードコート層におけるシリカ含有率と反射防止層表面の鉛筆硬度との関係を示すグラフである。

[0051] ハードコート層P2を形成する工程では、ディッピング法、スピンコート法、スプレー法等の塗布方法を用いて塗膜を形成した後に、塗膜に熱、紫外線等の電磁波または電子ビームなどによって硬化させる。熱を用いる場合には、塗布液を塗布した後、40～200℃の温度で数時間程度、加熱乾燥する方法が例示できる。塗布液における金属酸化物微粒子の配合量が少なすぎると、形成されるハードコート層P2の耐摩耗性が不十分となる場合がある。一方、塗布液における金属酸化物微粒子の配合量が多すぎると、ハードコート層P2にクラックが生じる場合がある。

[0052] ハードコート層P2の材料としては、光硬化性樹脂材料であることが好ましい。本形態において、ハードコート層形成工程では、アクリルおよび／ま

たはウレタンから成る光硬化性樹脂材料、および金属酸化物微粒子を含む塗布液をスピンコート法によって塗布した後、塗布液からなる塗膜に熱を与えて乾燥させた後、紫外線灯の電磁波または電子ビーム等によって光硬化させ、ハードコート層P2を形成する。従って、レンズ本体P1のガラス転移温度 T_g 未満の温度でハードコート層P2を形成することができる。さらに、ハードコート層P2がアクリルおよび／またはウレタン等から成る光硬化性樹脂であるため、レンズ本体P1との密着性に優れており、レンズ本体P1と反射防止層P3との間で優れた緩衝層として機能する。

[0053] なお、本形態では、ハードコート層P2の材料は光硬化性樹脂材料を使用した。ハードコート層P2の材料は、光硬化性樹脂材料に替えて熱硬化性樹脂材料であってもよい。

[0054] スピンコート法では、レンズ本体P1の一方面Paに塗布液を滴下した後、レンズ本体P1を光軸L周りに回転させて塗布液の塗膜を形成する。その際、ハードコート層P2を十分に厚く形成するには、塗布液の高粘度化が考えられるが、従来の塗布条件のまま、塗布液の粘性を高めると、塗膜の均一性が悪くなり、レンズ形状が実質的に歪んでしまう。

従って、本形態では、粘度が $26\text{ mPa}\cdot\text{s}\sim 50\text{ mPa}\cdot\text{s}$ の比較的高粘度の塗布液を塗布し、レンズ本体P1の表面全体に塗布液が行き渡るように、滴下した後、スピンの回転を、図3に示すように制御する。

[0055] より具体的には、まず、1次回転では、スピンの回転速度に所定の加速勾配を付けて徐々に加速させた後、一定速度で一定時間回転させ、その後、所定の減速勾配を付けて、徐々に減速する。より具体的には、1次回転では、加速勾配 a_1 、等速回転時の角速度 r_1 、および減速勾配 d_1 を各々、以下の条件とする。

$$a_1 = 100\text{ rpm/s} \sim 3000\text{ rpm/s}$$

$$r_1 = 900\text{ rpm} \sim 3000\text{ rpm}$$

$$d_1 = 100\text{ rpm/s} \sim 3000\text{ rpm/s}$$

[0056] 例えば、1次回転では、一定速度で一定時間回転させる際の角速度 r_1 を

1000 rpmとし、回転時間を10秒とする。また、角速度 r_1 が1000 rpmとなるまでの加速勾配 a_1 を333 rpm/sとし、減速勾配 d_1 を200 rpm/sとする。

[0057] 次に、1次回転後の塗布状態を確認し、その確認結果によっては、1次回転より早い速度で一定時間回転させる2次回転を行う。2次回転でも、1次回転と同様、スピンコーターの回転速度に所定の加速勾配を付けて徐々に加速させた後、一定速度で一定時間回転させ、その後、所定の減速勾配を付けて、徐々に減速する。より具体的には、等速回転時の角速度 r_2 を1次回転における角速度 r_1 の2倍以上とする。

[0058] 例えば、2次回転では、一定速度で一定時間回転させる際の角速度 r_2 を3000 rpmとし、回転時間を9秒とする。また、角速度 r_2 が3000 rpmとなるまでの加速勾配 a_2 を3000 rpm/sとし、減速勾配 d_2 を600 rpm/sとする。

[0059] なお、1次回転および2次回転を行って塗布液の塗膜を形成する場合、2次回転では、1次回転の等速回転から減速させることなく、所定の加速勾配を付けて徐々に加速させた後、一定速度で一定時間回転させ、その後、所定の減速勾配を付けて、徐々に減速するように構成してもよい。

[0060] このような条件でハードコート層P2を形成する際、塗布液の粘度とハードコート層P2の厚さとの関係は、図4に示す通りである。図4では、標準的な粘度とした場合の結果を丸で示し、粘度を26 mPa・s～50 mPa・sまで高粘度化した場合の結果を三角で示してある。図4から分かるように、塗布液の粘度が高い場合には、ハードコート層P2を厚くすることができる。

[0061] このように本形態では、粘度が26 mPa・s～50 mPa・sの比較的高粘度の塗布剤を用いることによって、ハードコート層P2を厚くする。また、塗布剤を滴下した後のスピン工程の条件を上記条件に設定し、加速時および減速時の速度勾配を緩やかにすることによって、急加速および急停止を防ぐ。このため、急加速および急停止に伴う慣性モーメントを小さくするこ

とができるので、十分な厚さのハードコート層 P 2 を形成した場合でも、塗膜の厚さにばらつきが生じにくい。

[0062] 例えば、粘度が $4.6 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の塗布剤を用いた場合、レンズ本体 P 1 の一方面 P a の中心 P a 1 に形成されたハードコート層 P 2 の膜厚は $7.4 \mu\text{m}$ であり、一方面 P a の外周 P a 2 に形成されたハードコート層 P 2 の膜厚は $7.55 \mu\text{m}$ であり、一方面 P a の中心 P a 1 と外周 P a 2 とに形成されたハードコート層 P 2 の膜厚差は $\pm 0.3 \mu\text{m}$ であった。従って、透過光の光学的歪みが生じないプラスチックレンズ P を実現できる。

[0063] ここで、ハードコート層 P 2 の膜厚 H C は、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$2 \mu\text{m} \leq H C \leq 20 \mu\text{m}$$

[0064] 膜厚 H C が $2 \mu\text{m}$ 以上であれば、高い鉛筆硬度を実現することができる。また、膜厚 H C が $20 \mu\text{m}$ 以下であれば、耐熱衝撃性能を高めることができる。

[0065] 好ましくは、ハードコート層 P 2 の膜厚 H C は、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$5 \mu\text{m} \leq H C \leq 10 \mu\text{m}$$

[0066] 膜厚 H C が $5 \mu\text{m}$ 以上であれば、6 H 以上の鉛筆硬度を実現することができる。また、膜厚 H C が $10 \mu\text{m}$ 以下であれば、熱衝撃によるクラックの発生をさらに抑制できる。

[0067] より好ましくは、ハードコート層 P 2 の膜厚 H C は、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$6 \mu\text{m} \leq H C \leq 9 \mu\text{m}$$

[0068] 膜厚 H C が $6 \mu\text{m}$ 以上であれば、6 H 以上の鉛筆硬度を確実に実現することができる。また、膜厚 H C が $9 \mu\text{m}$ 以下であれば、 -40°C および 85°C の各々で 30 分保持する熱衝撃試験を 1000 サイクル行った場合でも反射防止層 P 3 に欠陥が発生しにくい。

[0069] また、レンズ本体 P 1 の一方面 P a における中心 P a 1 と外周 P a 2 とに

おけるハードコート層P2の膜厚差を $\pm 0.7 \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

[0070] ここで、ハードコート層P2におけるシリカ含有率と反射防止層P3表面の鉛筆硬度との関係は、図5に示す通りである。

[0071] また、図5から分かるように、シリカ含有率が多い程、反射防止層P3の表面の硬度が高くなる。従って、ハードコート層P2におけるシリカ粒子の含有率をSとしたとき、含有率Sは以下の条件式

$$40\% \leq S \leq 65\%$$

を満たすことが好ましい。

[0072] より具体的には、例えば、ハードコート層P2が $6 \mu\text{m}$ の場合において検証したところ、シリカ含有率を40%以上とすれば、反射防止層P3の表面の硬度を鉛筆硬度で6H以上とすることができる。ここで、ハードコート層P2のシリカ含有率が65%を超えると、1000サイクルの熱衝撃試験（ $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 、30分）によって反射防止層P3に欠陥が発生しやすくなる。従って、ハードコート層P2は、シリカ含有率を40%以上、かつ65%以下とすることが好ましく、さらに、シリカ含有率を44%以上、かつ62%以下とすることがさらに好ましい。ハードコート層P2の膜厚HCを変更した場合でも、略同様の結果が得られた。

[0073] （ハードコート層P2のレンズユニットへの影響）

以下、プラスチックレンズPを後述するレンズユニットに用いた場合の影響を説明する。図6は、図1に示すハードコート層P2の膜厚差とMTF（Modulation Transfer Function）との関係を示すグラフである。図7は、図1に示すハードコート層P2の膜厚差と画角との関係を示すグラフである。なお、図6および図7には、レンズ中心と外周の膜厚差が $1 \mu\text{m}$ 、 $2 \mu\text{m}$ 、 $3 \mu\text{m}$ 、 $6 \mu\text{m}$ 、 $10 \mu\text{m}$ 、 $15 \mu\text{m}$ 、 $20 \mu\text{m}$ 、 $25 \mu\text{m}$ の場合の結果を実線t1、t2、t3、t6、t10、t15、t20、t25で示してある。図6および図7から分かるように、レンズ中心と外周の膜厚差が小さい程、MTFおよび画角の変化が小さい。

[0074] それ故、レンズの中心 P a 1 におけるハードコート層 P 2 の膜厚とレンズの外周 P a 2 におけるハードコート層 P 2 の膜厚との差は、 $15\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。かかる態様によれば、MTF の変化を小さく抑えることができるため、解像度を維持することができる。また、レンズの中心 P a 1 の膜厚における MTF 変化量と、レンズの外周 P a 2 の膜厚における MTF 変化量との差は、 0.02% 以下であることが好ましい。かかる態様によれば、解像度を維持することができる。

[0075] 上記のように、従来のスピコート方法では、レンズ中心と外周の膜厚差が $15\mu\text{m}$ を超えるため、ユニットとしての画像がボケる。具体的には 60lp/mm の MTF の変化量の差が 0.02% を超える。これに対して、本形態によれば、膜厚差の変化量の差が $15\mu\text{m}$ 以下となるため、画像がボケない。具体的には、MTF の差で 0.02% 以下となる。なお、膜厚差の変化量の差は、 $6\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

[0076] また、プラスチックレンズ P の一方面 P a の曲率半径 R 1 1 は、例えば、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$9.000\text{mm} \leq R 1 1 \leq 16.000\text{mm}$$

[0077] 曲率半径 R 1 1 が 9.000mm 未満の場合、レンズ外周での液溜まりの発生を解消しきれず、ハードコート層の膜厚差が $3\mu\text{m}$ 以上となってしまう。その結果、MTF 値が 15% 以下となってしまう。これに対し、曲率半径 R 1 1 が 16.000mm を超えると、ハードコート層の膜厚差は低減できるが、魚眼レンズユニット用として不適となってしまう。

[0078] それ故、本形態のプラスチックレンズ P を第 1 レンズ L 1 として用いたレンズユニット 100 では、実使用環境においてレンズにキズがつきにくい。従って、レンズユニット 100 としての画像のボケや乱れが起きにくく、耐久性が高い。また、プラスチックレンズ P であるため、レンズ形状を非球面とすることも容易である。非球面形状とすることで、レンズユニット 100 とした構成にした場合、高い解像力を得ることができる。さらに本発明のコーティングをすることで、非球面形状を崩すことなくコーティングすること

が可能となるため、以下に説明する反射防止層 P 3 の効果と合わせて、鉛筆硬度 6 H 以上を保ちつつ、高解像力なレンズユニット 1 0 0 とすることができる。

[0079] (反射防止層 P 3 の構成)

図 8 は、図 1 に示す反射防止層 P 3 の層構造を示す説明図である。図 9 は、図 1 に示す反射防止層 P 3 の光学特性を示す説明図である。図 1 0 は、図 1 に示す反射防止層 P 3 のナノインデントー押込み弾性率を示す説明図である。

[0080] 図 1 に示すプラスチックレンズ P において、反射防止層 P 3 は、低屈折率膜と高屈折率膜とが交互に積層された誘電体多層膜からなる。本形態においては、図 8 に示すように、反射防止層 P 3 は、低屈折率膜としての二酸化珪素膜 (S i O 2 膜) と高屈折率膜としての四窒化三珪素膜 (S i 3 N 4 膜) とが交互に積層された誘電体多層膜からなる。

[0081] 本形態においては、反射防止層 P 3 では、最上層が二酸化珪素膜であることが望ましい。また、最上層の二酸化珪素膜の膜厚は 6 0 n m 以上であることが好ましい。ここで、反射防止層 P 3 において成膜される多層膜は、膜性能および成膜作業の効率性を考慮すると、5 層または 7 層程度が好ましく、その反射防止層 P 3 の総膜厚 A R は、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$200\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm}$$

[0082] 好ましくは、反射防止層 P 3 の総膜厚 A R は、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$280\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm}$$

[0083] かかる構成によれば、以下に説明するように、プラスチックレンズ P の反射防止性能に優れている。例えば、反射防止層 P 3 の総膜厚 A R が 5 0 0 n m を超えると、反射防止層 P 3 の応力が高すぎて被膜が割れやすくなるとともに、成膜時にレンズ本体 P 1 の温度が過度に上昇し、レンズ面への影響が生じる。また、反射防止層 P 3 の総膜厚 A R が 2 0 0 n m 未満であると、適

正な反射防止特性が得られないとともに、反射防止層P3の硬度を確保しにくく、傷がつきやすい。また、反射防止層P3の総膜厚ARを適正化することにより、反射防止層P3を成膜する際の温度上昇を抑制すると、MTF変化を抑制することができる。それ故、高い解像度を維持することができる等、品位の高い画像を得ることができる。

[0084] 例えば、図8に示す実施例では、低屈折率膜としての二酸化珪素膜（SiO₂膜）と高屈折率膜としての四窒化三珪素膜（Si₃N₄膜）とが交互に計8層、積層されている。最上層は、厚さが104.17nmの二酸化珪素膜であり、反射防止層P3の総膜厚は、296.18nmである。なお、図8に示す実施例では、第1層目が四窒化三珪素膜であったが、第1層目は二酸化珪素膜であってもよい。また、高屈折率膜としては、四窒化三珪素膜の他に、酸化タンタル膜、酸化チタン膜、酸化ニオブ膜であってもよい。また、低屈折率膜としては、Al₂O₃であってもよい。

[0085] また、図10に示す実施例のように、本形態の反射防止層P3は、ナノインデントアー押込み弾性率が70GPa以上、かつ、110GPa以下である。図10に示すように、ナノインデントアー押込み弾性率が70GPa未満であると、反射防止層P3に割れは生じないが、耐傷性が劣る。一方、ナノインデントアー押込み弾性率が110GPaを超えると、反射防止層P3の応力が高すぎて割れが発生するおそがある。それ故、ナノインデントアー押込み弾性率が上記範囲であれば、耐傷性と膜応力を両立できる。なお、本形態では、ENT-NEXUS（株式会社エリオニクス）を用いた負荷除荷試験によって、ナノインデントアー押込み弾性率を求めた。試験には、Berkovich型ダイヤモンド圧子を用いた。試験における最大荷重は、1mN以下である。

[0086] また、反射防止層P3において、レンズ本体P1から最も離隔する最外層は二酸化珪素膜であって、最外層の膜厚をt_sとしたとき、膜厚t_sは、以下の条件式

$$60\text{nm} \leq t_s \leq 150\text{nm}$$

を満たすことが好ましい。また、より好ましくは、膜厚 t_s は、以下の条件式

$$60\text{ nm} \leq t_s \leq 100\text{ nm}$$

を満たすことが好ましい。

[0087] かかる構成によれば、反射防止層 P 3 の最外層を二酸化珪素膜とし、かつ膜厚を 60 nm 以上とすることによって、反射防止層 P 3 の耐薬品性等の耐久性を向上することができる。また、反射防止層 P 3 の最外層を二酸化珪素膜としたため、実使用環境においてプラスチックレンズ P にキズがつきにくく、レンズユニットとしての画像のボケや乱れが起きにくい。それ故、耐久性の高いレンズユニットを構成することができる。

[0088] かかる反射防止層 P 3 を設けたプラスチックレンズ P では、図 9 に示すように、420 nm より長波長の可視光に対して優れた反射防止効果を発揮する。

なお、反射防止層 P 3 を形成した後、プラスチックレンズ表面の撥水撥油性能を向上させる目的で、含フッ素シラン化合物からなる防汚層が形成されることがある。含フッ素シラン化合物は、有機溶剤に溶解し、所定濃度に調整した撥水処理液を用いて反射防止層上に塗布する方法を採用することができる。

[0089] (反射防止層 P 3 の形成工程)

図 11 は、図 1 に示す反射防止層 P 3 等のビッカース硬度を示す説明図である。図 11 において、反射防止層 P 3 を蒸着法で形成した場合のビッカース硬度をひし形で示し、5 層構造の反射防止層 P 3 をスパッタ法で形成した場合のビッカース硬度を三角で示し、9 層構造の反射防止層 P 3 をスパッタ法で形成した場合のビッカース硬度を丸で示してある。

[0090] 本形態において、反射防止層形成工程では、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法などの物理蒸着法 (PVD 法)、あるいは化学蒸着法 (CVD 法) などを採用することができる。ここで、蒸着された AR 膜と比較して、スパッタされた AR 膜は引っかき傷に対する耐性が高くなり

、耐擦過性が向上する。

[0091] 例えば、図 1 1 には、スパッタ法および蒸着法で形成した反射防止層 P 3 のビッカース硬度を比較して示してある。なお、図 1 1 には、スパッタ法によって約 2 0 0 n m から約 5 5 0 n m の厚さで形成した反射防止層 P 3 のビッカース硬度を、蒸着法によって約 2 5 0 n m の厚さで形成した反射防止層 P 3 のビッカース硬度と比較して示してある。図 1 1 から分かるように、蒸着法によれば、ビッカース硬度が 4 0 0 k g f / m m 2 未満の反射防止層 P 3 しか実現できないのに対し、スパッタ法によれば、ビッカース硬度が 4 0 0 k g f / m m 2 を超える反射防止層 P 3 を実現することができる。

[0092] 従って、本形態では、スパッタ法によって反射防止層 P 3 を形成する。より具体的には、例えば、マグネトロンスパッタリング装置内に 2 ～ 5 P a 程度の圧力のアルゴンを導入し、電界で加速したアルゴンイオンをターゲットの二酸化珪素に照射し、二酸化珪素膜を形成する。また、マグネトロンスパッタリング装置内に 2 ～ 5 P a 程度の圧力のアルゴンを導入し、電界で加速したアルゴンイオンをターゲットの四窒化三珪素に照射し、四窒化三珪素膜を形成する。

[0093] (反射防止層 P 3 の成膜時の温度等の影響)

図 1 2 は、レンズ本体 P 1 を構成する樹脂の線膨張係数を示すグラフである。図 1 3 は、図 1 に示す反射防止層 P 3 を成膜する際の温度と画角変化量との関係を示すグラフである。図 1 4 は、図 1 に示す反射防止層 P 3 を成膜する際の温度と M T F 変化量との関係を示すグラフである。なお、図 1 3 および図 1 4 において、成膜した際の温度が 5 0 ℃、7 0 ℃、8 0 ℃、9 0 ℃、1 1 0 ℃の場合の結果を実線 t 5 0、t 7 0、t 8 0、t 9 0、t 1 1 0 で示してある。

[0094] スパッタ工程において、反射防止層 P 3 を成膜する際、温度が上昇する。その際の温度は、レンズ本体 P 1 を構成する樹脂のガラス転移温度 T g より低く、かつガラス転移温度 T g と成膜温度との差が 5 0 ℃以上であることが好ましい。より具体的には、図 1 2 に示すように、レンズ本体 P 1 を構成す

る樹脂は、温度が上昇するに伴い、線膨張係数が増大する。

[0095] 例えば、レンズ本体 P 1 を構成する樹脂のガラス転移温度 T_g が 130°C の場合、成膜時の温度と線膨張係数との関係は以下の通りである。

成膜時の温度	熱膨張係数 ($65\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$)
25°C (T_g との差 = 105°C)	65
50°C (T_g との差 = 80°C)	65
70°C (T_g との差 = 60°C)	82 (25°C の 1.26 倍)
90°C (T_g との差 = 40°C)	107 (25°C の 1.65 倍)

[0096] 上記の結果から分かるように、成膜時の温度がレンズ本体 P 1 を構成する樹脂のガラス転移温度 T_g より低い、成膜時の温度とガラス転移温度 T_g との温度差が 50°C 未満のときのレンズ本体 P 1 の線膨張係数は、 25°C を基準としたときの 1.3 倍以上である。

[0097] これに対して、成膜時の温度がレンズ本体 P 1 を構成する樹脂のガラス転移温度 T_g より低く、かつ、成膜時の温度とガラス転移温度 T_g との温度差が 50°C 以上である場合、レンズ本体 P 1 の線膨張係数は、 25°C を基準としたときの 1.3 倍未満である。従って、本形態では、成膜時の温度についてはレンズ本体 P 1 を構成する樹脂のガラス転移温度 T_g より低く、かつ、成膜時の温度とガラス転移温度 T_g との差が 30°C 以上であることが好ましい。かかる条件範囲によれば、反射防止層 P 3 を形成する際のレンズ本体 P 1 に加わる熱応力が小さいので、反射防止層 P 3 に発生する圧縮応力を小さくすることができる。また、本形態では、レンズ本体 P 1 を構成する樹脂がイミド構造を有するため、ガラス転移温度 T_g が高く、 80°C から 100°C の温度での線膨張係数が小さい。従って、反射防止層 P 3 とレンズ本体 P 1 との線膨張係数の差が小さい。

[0098] また、反射防止層 P 3 の総膜厚が厚いので、膨張もしくは収縮によって反射防止層 P 3 に加わる応力が小さい。この場合でも、反射防止層 P 3 の総膜厚を 500 nm 以下に限定したため、成膜時間が短く済む。このため、成膜時におけるプラスチックレンズ P の温度上昇を抑制することができる。

[0099] 従って、反射防止層P3で発生する圧縮応力が小さい。それ故、85℃で30minと-40℃で30minの温度サイクルを1000サイクル行う信頼性試験に耐えることができる。それ故、実使用環境においてキズがつきにくく、レンズユニットとしての画像のボケや乱れが起きにくいので、耐久性の高いレンズユニットを構成することができる。

[0100] また、反射防止層P3を成膜する際の温度は、成膜時間が長い程、上昇する。従って、反射防止層P3の膜厚は、反射防止層P3を成膜する際の温度に影響を及ぼす。ここで、反射防止層P3を成膜する際の温度が高い程、熱膨張等の影響によって光学特性が変化する。例えば、図13および図14に示すように、図1に示す反射防止層P3を成膜する際の温度が高い程、画角の変化量およびMTFの変化量が大きい。それ故、反射防止層P3を成膜する際、温度の影響を受けにくくなるように、反射防止層P3の膜厚を薄くし、レンズ本体P1を構成する樹脂のガラス転移温度T_gを高くすることが好ましい。

[0101] (プラスチックレンズPの変形例)

変形例としては、プラスチックレンズPは、光軸Lの延在方向の像側L_bに向く一方向P_aと、物体側L_aとは反対の物体側L_aに向く他方面P_bとを備えてもよい。すなわち、変形例のプラスチックレンズPは、光軸Lの延在方向の像側L_bに向く一方向P_aを覆うハードコート層P2と、ハードコート層P2をレンズ本体P1とは反対側から覆う反射防止層P3とを備えてもよい。

[0102] また、変形例のプラスチックレンズPは、一方向P_aおよび他方面P_bの両側に、ハードコート層P2と、ハードコート層P2をレンズ本体P1とは反対側から覆う反射防止層P3とを備えてもよい。

[0103] (レンズユニットの実施例1)

図面を参照して、本発明を適用したプラスチックレンズPを用いたレンズユニットを説明する。なお、以下の説明においては、特別な指示がない限り、その単位はmmである。

図15は、本発明の実施例1に係るレンズユニット10の説明図であり、図15には、レンズデータおよび非球面係数に対応する面ナンバーを括弧内に示してある。また、面ナンバーの後ろに「*」を付した面は非球面である。図16は、図15に示すレンズユニット10における各レンズデータおよび非球面係数等を示す説明図である。図17は、図15に示すレンズユニット10の主なパラメータを示す説明図である。図18は、図15に示すレンズユニット10の光学特性を示す説明図であり、非点収差／ディストーション（a）、球面収差（b）、および倍率色収差（c）を示す。図18において、サジタル方向の特性にはSを付し、タンジェンシャル方向の特性にはTを付してある。また、ディストーションとは、撮像中央部と周辺部における像の変化比率を示し、ディストーションをあらわす数値の絶対値が小さいほど、高精度なレンズといえる。図19は、図15に示すレンズユニット10の横収差を示す説明図であり、図19（a）、（b）、（c）、（d）には、0deg、29.46deg、55.40deg、76.76deg、95.90degにおけるX軸方向およびY軸方向における横収差を示してある。なお、図18および図19において、波長645の光に対する収差については（R）を付し、波長588の光に対する収差については（G）を付し、波長486の光に対する収差については（B）を付してある。なお、図16に示す非球面係数A4、A6、A8、A10は、以下の非球面関数における各係数に相当する。ここで、Zはサグ量、cは曲率半径の逆数、Kは円錐係数、rは光線高さである。

数式1

[0104]

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2r^2}} + \sum_{n=2}^5 A_{2n}r^{2n}$$

[0105] 図15および図16に示すレンズユニット10は水平画角が120度以上である。レンズユニット10では、物体側から像側に向かって第1レンズL1、第2レンズ12、第3レンズ13、絞り17、第4レンズ14、および

第5レンズ15が順に配置されており、第5レンズ15に対して像側には、フィルタ18および撮像素子19が順に配置される。第1レンズL1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。本形態において、第1レンズL1の凸面からなる物体側の面（第1面1）は球面であり、凹面からなる像側の面（第2面2）は非球面である。

[0106] 第2レンズ12は、像側に凹面を向けた負レンズである。本形態において、第2レンズ12は、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズであって、凸面からなる物体側のレンズ面（第3面3）、および凹面からなる像側のレンズ面（第4面4）の少なくとも一方が非球面である。本形態において、第2レンズ12の物体側の面（第3面3）、および像側の面（第4面4）の双方が非球面である。

第3レンズ13は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、または両凸レンズであって、物体側のレンズ面（第5面5）および像側のレンズ面（第6面6）の少なくとも一方が非球面である。本形態において、第3レンズ13は、両凸レンズであって、凸面からなる物体側の面（第5面5）、および凸面からなる像側の面（第6面6）の双方が非球面である。

[0107] 第4レンズ14は、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ、または両凹レンズである。本形態において、第4レンズ14は、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズであって、第4レンズ14の凸面からなる物体側の面（第8面8）、および凹面からなる像側の面（第9面9）の双方が非球面である。

第5レンズ15は、両凸レンズである。第4レンズ14および第5レンズ15は、プラスチックレンズであって、第4レンズ14の像側のレンズ面と第5レンズの物体側のレンズ面が接合された接合レンズ16を構成している。接合レンズ16の接合面（第9面9）、および第5レンズ15の凸面からなる像側の面（第10面10）の双方が非球面である。本形態においては、第1レンズL1、第2レンズ12および第3レンズ13も、第4レンズ14および第5レンズと同様、プラスチックレンズである。

このように構成したレンズユニット10の主なパラメータを図17に示す。図17に示すパラメータは、以下の通りである。なお、図17には、後述する実施例2のパラメータも示してある。

f_0 ・・・レンズ系全体の焦点距離

f_1 ・・・第1レンズL1の焦点距離

R_{11} ・・・第1レンズL1の第1面(1)の曲率半径

r ・・・視野角

s_{d11} ・・・第1レンズL1の第1面(1)の有効半径

ARS_{11} ・・・第1レンズL1の第1面(1)の中心から有効半径に対応する半径位置まで第1面(1)に沿って測定したときの距離

[0108] 図16に示すように、レンズユニット10は、光学系全体の焦点距離 f_0 (Effective Focal Length) が0.822mmであり、物像間距離 (Total Track/光学全長) が9.206mmであり、レンズ系全体のF値 (Image Space F/#) が2.4であり、最大画角 (Max. Field Angle) が192degであり、水平画角 (Horizontal Field Angle) が192degである。

[0109] また、図16および図17に示すように、レンズユニット10は、以下の条件式を全て満たしている。

[0110] プラスチックレンズPの一方面Paの曲率半径 R_{11} とプラスチックレンズPの焦点距離 f_1 との比 R_{11}/f_1 は、-3.601であり、以下の条件式を満たしている。

$$-5.0 \leq R_{11}/f_1 \leq -1.0$$

[0111] プラスチックレンズPの一方面Paの有効半径 s_{d11} と、一方面Paの中心から有効半径に対応する半径位置まで一方面Paに沿って測定したときの距離 ARS_{11} との比 s_{d11}/ARS_{11} は、1.030であり、以下の条件式を満たしている。

$$1.000 < ARS_{11}/s_{d11} < 1.013$$

[0112] 一方面Paの曲率半径 R_{11} とレンズ系全体の焦点距離 f_0 との比 R_{11}

／ f_0 は、13.509であり、以下の条件式を満たしている。

$$8.000 \leq R_{11} / f_0 \leq 14.000$$

- [0113] R_{11} / f_0 が下限(8.00)以上であるため、レンズパワーが強くなりすぎることを回避することができる。従って、各種収差の補正を適正に行うことができ、高い光学特性を実現することができる。また、 R_{11} / f_0 が上限(14.00)以下であるため、プラスチックレンズPからなる第1レンズL1のパワーが弱くなりすぎることを回避することができる。それ故、レンズユニットの小型化を図ることができる。

半画角 ω は、95.901degであり、以下の条件式を満たしている。

$$75 \text{ deg} \leq \omega \leq 120 \text{ deg}$$

- [0114] 一方面Paの曲率半径 R_{11} と一方面Paの有効半径 s_{d11} との比 s_{d11} / R_{11} は、0.410であり、以下の条件式を満たしている。

$$0.300 \leq s_{d11} / R_{11} \leq 0.600$$

- [0115] 半画角 ω が下限以上であるため、広画角化を図ることができる。また、半画角 ω が上限以下であるため、周辺光量比が中心部分と比較して小さくなって画像の周辺部分が暗くなることを防ぐことができる。また、 s_{d11} / R_{11} が上限以下であるため、プラスチックレンズからなる第1レンズL1の他方面の周辺部が接線となす角度が過度に小さくなることを抑制できる。したがって、プラスチックレンズPからなる第1レンズL1の他方面の成形が容易になる。

- [0116] このように構成したレンズユニット10の非点収差／ディストーション(歪曲収差)、球面収差、および倍率色収差は、図18に示す通りであり、横収差は図19に示す通りであり、いずれも収差も小さい。

- [0117] (レンズユニットの実施例2)

図20は、本発明のプラスチックレンズPを備えたレンズユニット10の実施例1の説明図である。図21は、図20に示すレンズユニット10における各レンズデータおよび非球面係数等を示す説明図である。図22は、図20に示すレンズユニット10の光学特性を示す説明図であり、非点収差／

ディストーション（a）、球面収差（b）、および倍率色収差（c）を示す。図23は、図19に示すレンズユニット10の横収差を示す説明図であり、図23（a）、（b）、（c）、（d）には、0deg、29.46deg、55.40deg、76.76deg、95.90degにおけるX軸方向およびY軸方向における横収差を示してある。なお、本形態の基本的な構成は、実施例1と同様であるため、共通する部分には同一の符号を付して図示し、それらの詳細な説明を省略する。

[0118] 図20に示すレンズユニット10は、実施例1と同様、水平画角が120度以上であり、物体側から像側に向かって第1レンズL1、第2レンズ12、第3レンズ13、絞り17、第4レンズ14、および第5レンズ15が順に配置されている。第1レンズL1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。本形態において、第1レンズL1の凸面からなる物体側の面（第1面1）は球面であり、凹面からなる像側の面（第2面2）は非球面である。

[0119] 第2レンズ12は、像側に凹面を向けた負レンズである。本形態において、第2レンズ12は、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズであって、凸面からなる物体側のレンズ面（第3面3）、および凹面からなる像側のレンズ面（第4面4）の少なくとも一方が非球面である。本形態において、第2レンズ12の物体側の面（第3面3）、および像側の面（第4面4）の双方が非球面である。

[0120] 第3レンズ13は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、または両凸レンズであって、物体側のレンズ面（第5面5）および像側のレンズ面（第6面6）の少なくとも一方が非球面である。本形態において、第3レンズ13は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズであって、凹面からなる物体側の面（第5面5）、および凸面からなる像側の面（第6面6）の双方が非球面である。

[0121] 第4レンズ14は、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ、または両凹レンズである。本形態において、第4レンズ14は、像側に凹面を向けた負

メニスカスレンズであって、第4レンズ14の凸面からなる物体側の面（第8面8）、および凹面からなる像側の面（第9面9）の双方が非球面である。

[0122] 第5レンズ15は、両凸レンズである。第4レンズ14および第5レンズ15は、プラスチックレンズであって、第4レンズ14の像側のレンズ面と第5レンズの物体側のレンズ面が接合された接合レンズ16を構成している。接合レンズ16の接合面（第9面9）、および第5レンズ15の凸面からなる像側の面（第10面10）の双方が非球面である。本形態においては、第1レンズL1、第2レンズ12および第3レンズ13も、第4レンズ14および第5レンズと同様、プラスチックレンズである。

[0123] このように構成したレンズユニット10において、光学系全体の焦点距離 f_0 が1.410mmであり、物像間距離が11.378mmであり、レンズ系全体のF値が2.0であり、最大画角が156deg、水平画角が130degである。

[0124] また、図17および図21に示すように、レンズユニット10は、以下の条件式を全て満たしている。まず、プラスチックレンズPの一方面Paの曲率半径 R_{11} とプラスチックレンズPの焦点距離 f_1 との比 R_{11}/f_1 は、-4.015であり、以下の条件式を満たしている。

$$-1.0 \leq R_{11}/f_1 \leq -5.0$$

[0125] プラスチックレンズPの一方面Paの有効半径 s_{d11} と、一方面Paの中心から有効半径に対応する半径位置まで一方面Paに沿って測定したときの距離 ARS_{11} との比 s_{d11}/ARS_{11} は、1.018であり、以下の条件式を満たしている。

$$1.000 < s_{d11}/ARS_{11} < 1.013$$

[0126] 一方面Paの曲率半径 R_{11} とレンズ系全体の焦点距離 f_0 との比 R_{11}/f_0 は、9.948であり、以下の条件式を満たしている。

$$8.000 \leq R_{11}/f_0 \leq 14.000$$

[0127] 半画角 ω は、77.846degであり、以下の条件式を満たしている。

$$75 \text{ deg} \leq \omega \leq 120 \text{ deg}$$

[0128] 一方面P aの曲率半径R 1 1と一方面P aの有効半径s d 1 1との比s d 1 1 / R 1 1は、0. 3 2 4であり、以下の条件式を満たしている。

$$0. 3 0 0 \leq s d 1 1 / R 1 1 \leq 0. 6 0 0$$

[0129] このように構成したレンズユニット1 0の非点収差／ディストーション（歪曲収差）、球面収差、および倍率色収差は、図2 2に示す通りであり、横収差は図2 3に示す通りであり、いずれも収差も小さい。

[0130] （ハードコート層P 2の他の実施例）

図2 4は、他のハードコート層P 2におけるシリカ含有率と重合度との関係を示すグラフである。図2 5は、他のハードコート層P 2におけるシリカ含有率と膜厚との関係を示すグラフである。

[0131] ここで、上記で説明したように、ハードコート層P 2のシリカ含有率が高くなれば、ハードコート層P 2の表面に設けた反射防止層P 3の硬度を高くすることができる。しかしながら、上記のプラスチックレンズPを耐候性試験した結果、シリカ含有率が高くなると、プラスチックレンズPの耐候性が低下した。すなわち、上記のプラスチックレンズPを屋外で使用する場合には、温湿度変化や紫外線などによって、ハードコート層P 2に亀裂が発生しやすい。そこで、本例のハードコート層P 2は、ハードコート層P 2の重合度を高くすることによって、上記のシリカ含有率より下回る範囲であっても、反射防止層P 3の硬度を高くできるとともに、ハードコート層P 2に亀裂が発生することを抑制することができる。よって、プラスチックレンズPの耐久品質をより向上させることができる。なお、プラスチックレンズPの耐候性については、J I S B 7 7 5 4 - 1 9 9 1に基づいたキセノンアークランプ式耐候性試験機（キセノンアークランプ1 8 0 W / m²、ブラックパネル温度6 3℃、1 2 0分サイクル：1 0 2分間の照射→1 8分間の照射及び噴霧、試験時間1 0 0 0時間）を用いてプラスチックレンズPの耐候性試験を行い、試験時間1 0 0 0時間後のプラスチックレンズPに基づいて、プラスチックレンズPの耐候性を評価した。

[0132] 図24から分かるように、シリカ含有率が同じであっても、ハードコート層P2の重合度が高くなる程、反射防止層P3の表面の硬度が高くなる。従って、ハードコート層P2におけるシリカ粒子の含有率をSとしたとき、含有率Sは以下の条件式

$$20\% \leq S \leq 40\%$$

を満たし、

ハードコート層P2の重合度をDPとしたとき、重合度DPは以下の条件式

$$70\% \leq DP \leq 100\%$$

を満たすことが好ましい。なお、ハードコート層P2の重合度は、重合度を求める一般的な数式により求められる。

[0133] より具体的には、例えば、ハードコート層P2が6 μ mの場合において検証したところ、重合度を70%以上、かつ100%以下とすれば、シリカ含有率を20%以上、かつ40%以下としても、反射防止層P3の表面の硬度を鉛筆硬度で6H以上とすることができる。また、シリカ含有率を低くすることができるので、プラスチックレンズの耐候性を向上させることができる。ここで、ハードコート層P2の重合度を70%以上100%以下とした場合に、ハードコート層P2のシリカ含有率が20%を下回ると、反射防止層P3の表面の硬度を鉛筆硬度で6H以上とすることが困難である。また、ハードコート層P2の重合度を70%以上100%以下とした場合に、ハードコート層P2のシリカ含有率が40%を超えると、1000サイクルの熱衝撃試験（-40℃～85℃、30分）によってハードコート層P2に欠陥が発生しやすくなる。さらに、ハードコート層P2の重合度が70%を下回る場合には、シリカ含有率が40%以下では、反射防止層P3の表面の硬度を鉛筆硬度で6H以上とすることが困難である。従って、ハードコート層P2は、シリカ含有率を20%以上、かつ40%以下であって、重合度を70%以上、かつ100%以下とすることが好ましい。

[0134] また、図25から分かるように、シリカ含有率が同じであっても、ハード

コート層 P 2 の膜厚が高くなる程、反射防止層 P 3 の表面の硬度が高くなる。従って、ハードコート層 P 2 の膜厚 H C は、以下の条件式

$$6 \mu\text{m} \leq H C \leq 15 \mu\text{m}$$

を満たすことが好ましい。

[0135] より具体的には、例えば、ハードコート層 P 2 の重合度が 77% の場合において検証したところ、膜厚を $6 \mu\text{m}$ 以上、かつ $15 \mu\text{m}$ 以下とすれば、6 H 以上の鉛筆硬度を実現することができる。ここで、ハードコート層 P 2 のシリカ含有率を 20% 以上、かつ 40% 以下とした場合に、ハードコート層 P 2 の膜厚が $6 \mu\text{m}$ を下回ると、反射防止層 P 3 の表面の硬度を鉛筆硬度で 6 H 以上とすることが困難である。従って、ハードコート層 P 2 は、膜厚を $6 \mu\text{m}$ 以上、かつ $15 \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

[0136] なお、本例のハードコート層 P 2 としても、上記で説明した反射防止層 P 3 を設けることができる。また、反射防止層 P 3 を形成した後、プラスチックレンズ表面の撥水撥油性能を向上させる目的で、含フッ素シラン化合物からなる防汚層を形成してもよい。プラスチックレンズ P の表面に防汚層を設ければ、プラスチックレンズ P を屋外で使用する場合に、プラスチックレンズ P の表面が汚れにくい。これにより、プラスチックレンズ P のレンズ性能が低下することを抑制することができる。

[0137] 以上説明してきたように、本明細書には下記の事項が開示されている。

[0138] (001)

樹脂製のレンズ本体 P 1 と、前記レンズ本体 P 1 の少なくとも一方向 P a を覆うハードコート層 P 2 と、前記ハードコート層 P 2 を前記レンズ本体とは反対側から覆う反射防止層 P 3 と、を備え、

前記反射防止層 P 3 の総膜厚 A R は、以下の条件式 (1)

$$200 \text{ nm} \leq A R \leq 500 \text{ nm} \cdots (1)$$

を満たし、

前記反射防止層 P 3 において前記レンズ本体から最も離隔する最外層は二酸化珪素膜であって、前記最外層の膜厚を t_s としたとき、膜厚 t_s は、以

下の条件式（２）

$$60\text{ nm} \leq t_s \leq 150\text{ nm} \cdots (2)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0139] （００１）によれば、反射防止層Ｐ３の総の総膜厚ＡＲは、２００ｎｍ以上、かつ５００ｎｍ以下であるため、プラスチックレンズＰの反射防止層Ｐ３として優れている。また、反射防止層Ｐ３の最外層を二酸化珪素膜としたため、実使用環境においてプラスチックレンズＰに傷がつきにくく、レンズユニットとしての画像のボケや乱れが起きにくい。それ故、耐久性の高いレンズユニットを構成することができる。さらに、本発明では、最外層の膜厚 t_s が６０ｎｍ以上であって、１５０ｎｍ以下であるので、反射防止層Ｐ３の耐薬品性が優れるとともに、光学薄膜の反射防止特性が得られる。

[0140] （００２）

樹脂製のレンズ本体Ｐ１と、前記レンズ本体Ｐ１の少なくとも一方向Ｐａを覆うハードコート層Ｐ２と、前記ハードコート層Ｐ２を前記レンズ本体Ｐ１とは反対側から覆う反射防止層Ｐ３と、を備え、

前記反射防止層Ｐ３の総膜厚ＡＲは、以下の条件式（１）

$$200\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm} \cdots (1)$$

を満たし、

前記反射防止層Ｐ３のナノインデントー押込み弾性率Ｅは、以下の条件式（３）

$$70\text{ GPa} \leq E \leq 110\text{ GPa} \cdots (3)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0141] （００２）によれば、反射防止層Ｐ３の総の総膜厚ＡＲは、２００ｎｍ以上、かつ５００ｎｍ以下であるため、プラスチックレンズＰの反射防止層Ｐ３として優れている。本発明では、ナノインデントー押込み弾性率が７０ＧＰａ以上１１０Ｇ以下であれば、耐傷性と膜応力を両立できる。

[0142] （００３）

（００１）または（００２）に記載のプラスチックレンズにおいて、

前記レンズ本体 P 1 は、環構造として環状イミド構造を有していることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0143] (004)

(001) から (003) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記反射防止層 P 3 は、二酸化珪素膜と、二酸化珪素膜より屈折率が高い高屈折率膜とが交互に積層された誘電体多層膜であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0144] (005)

(004) に記載のプラスチックレンズにおいて、

前記高屈折率膜は四窒化三珪素膜であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0145] (006)

(001) から (005) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記ハードコート層 P 2 は、シリカ粒子を含有し、

前記ハードコート層 P 2 における前記シリカ粒子の含有率を S としたとき、含有率 S は以下の条件式 (4)

$$40\% \leq S \leq 65\% \cdots (4)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0146] (007)

(001) から (006) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記レンズ本体 P 1 は、主鎖に環構造を有する構造単位を有するメタクリル系樹脂であって、前記構造単位が、N-置換マレイミド単量体由来の構造単位、およびグルタリイミド系構造単位のうち、少なくとも一種の構造単位を含むことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0147] (008)

(001) から (007) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方向 P_a の曲率半径を R_{11} としたとき、曲率半径 R_{11} は、以下の条件式 (5)

$$9.000\text{ mm} \leq R_{11} \leq 16.000\text{ mm} \cdots (5)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0148] (009)

(001) から (008) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記レンズ本体 P_1 の前記一方向 P_a は、非球面であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0149] (010)

(001) から (009) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方向 P_a の曲率半径を R_{11} とし、前記プラスチックレンズ P の焦点距離を f_1 としたとき、曲率半径 R_{11} および焦点距離 f_1 は、以下の条件式 (6)

$$-5.000 \leq R_{11} / f_1 \leq -1.000 \cdots (6)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0150] (011)

(001) から (010) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方向 P_a の有効半径を s_{d11} とし、前記一方向 P_a の中心から前記有効半径に対応する半径位置まで前記一方向に沿って測定したときの距離を ARS_{11} としたとき、有効半径 s_{d11} および距離 ARS_{11} は、以下の条件式 (7)

$$1.000 < ARS_{11} / s_{d11} < 1.013 \cdots (7)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0151] (012)

(001) から (011) までの何れかに記載のプラスチックレンズを含む複数のレンズを備えたレンズユニットであって、

前記プラスチックレンズPは、前記複数のレンズのうち、最も物体側Laで前記一方向Paを物体側Laに向けていることを特徴とするレンズユニット。

[0152] (013)

(012) に記載のレンズユニットにおいて、

前記複数のレンズからなるレンズ系全体の焦点距離をf0としたとき、曲率半径R11および焦点距離f0は、以下の条件式(8)

$$8.000 \leq R11 / f0 \leq 14.000 \cdots (8)$$

を満たすことを特徴とするレンズユニット。

[0153] (014)

(012) または (013) に記載のレンズユニットにおいて、

半画角を ω としたとき、半画角 ω は以下の条件式

$$75 \text{ deg} \leq \omega \leq 120 \text{ deg}$$

を満たし、

前記一方向Paの曲率半径をR11とし、前記一方向Paの有効半径をsd11としたとき、曲率半径R11および有効半径sd11は、以下の条件式

$$0.300 \leq sd11 / R11 \leq 0.600$$

を満たすことを特徴とするレンズユニット。

[0154] (015)

(001) から (011) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記反射防止層P3を前記レンズ本体P1とは反対側から覆う防汚層、を備えることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0155] (016)

(001) または (002) に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記レンズ本体 P1 は、環構造として環状イミド構造を有し、
前記ハードコート層 P2 は、シリカ粒子を含有し、
前記ハードコート層 P2 における前記シリカ粒子の含有率を S としたとき
、含有率 S は以下の条件式 (9)

$$20\% \leq S \leq 40\% \cdots (9)$$

を満たし、

前記ハードコート層 P2 の重合度を DP としたとき、重合度 DP は以下の
条件式 (10)

$$70\% \leq DP \leq 100\% \cdots (10)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0156] (017)

(016) に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記ハードコート層の膜厚 HC は、以下の条件式 (11)

$$6 \mu\text{m} \leq HC \leq 15 \mu\text{m} \cdots (11)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0157] (018)

(016) または (017) に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記反射防止層を前記レンズ本体とは反対側から覆う防汚層、を備えるこ
とを特徴とするプラスチックレンズ。

[0158] (019)

(016) から (018) までの何れかに記載のプラスチックレンズにお
いて、

前記レンズ本体のガラス転移温度は 120℃ 以上であることを特徴とする
プラスチックレンズ。

[0159] (020)

(016) から (019) までの何れかに記載のプラスチックレンズにお
いて、

前記反射防止層 P 3 は、二酸化珪素膜と、二酸化珪素膜より屈折率が高い高屈折率膜とが交互に積層された誘電体多層膜であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0160] (021)

(020) に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記高屈折率膜は四窒化三珪素膜であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0161] (022)

(016) から (021) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記ハードコート層 P 2 は、シリカ粒子を含有し、
前記ハードコート層 P 2 における前記シリカ粒子の含有率を S としたとき、含有率 S は以下の条件式 (4)

$$40\% \leq S \leq 65\% \cdots (4)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0162] (023)

(016) から (022) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記レンズ本体 P 1 は、主鎖に環構造を有する構造単位を有するメタクリル系樹脂であって、前記構造単位が、N-置換マレイミド単量体由来の構造単位、およびグルタルイミド系構造単位のうち、少なくとも一種の構造単位を含むことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0163] (024)

(016) から (023) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方面 P a の曲率半径を R 11 としたとき、曲率半径 R 11 は、以下の条件式 (5)

$$9.000\text{ mm} \leq R 11 \leq 16.000\text{ mm} \cdots (5)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0164] (025)

(016) から (024) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記レンズ本体 P1 の前記一方向 Pa は、非球面であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[0165] (026)

(016) から (025) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方向 Pa の曲率半径を R11 とし、前記プラスチックレンズ P の焦点距離を f1 としたとき、曲率半径 R11 および焦点距離 f1 は、以下の条件式 (6)

$$-5.000 \leq R11 / f1 \leq -1.000 \cdots (6)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0166] (027)

(016) から (026) までの何れかに記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方向 Pa の有効半径を sd11 とし、前記一方向 Pa の中心から前記有効半径に対応する半径位置まで前記一方向に沿って測定したときの距離を ARS11 としたとき、有効半径 sd11 および距離 ARS11 は、以下の条件式 (7)

$$1.000 < ARS11 / sd11 < 1.013 \cdots (7)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[0167] (028)

(016) から (027) までの何れかに記載のプラスチックレンズを含む複数のレンズを備えたレンズユニットであって、

前記プラスチックレンズ P は、前記複数のレンズのうち、最も物体側 La で前記一方向 Pa を物体側 La に向けていることを特徴とするレンズユニット

ト。

[0168] (029)

(028)に記載のレンズユニットにおいて、

前記複数のレンズからなるレンズ系全体の焦点距離を f_0 としたとき、曲率半径 R_{11} および焦点距離 f_0 は、以下の条件式 (8)

$$8.000 \leq R_{11} / f_0 \leq 14.000 \cdots (8)$$

を満たすことを特徴とするレンズユニット。

[0169] (030)

(028) または (029) に記載のレンズユニットにおいて、

半画角を ω としたとき、半画角 ω は以下の条件式

$$75 \text{ deg} \leq \omega \leq 120 \text{ deg}$$

を満たし、

前記一方面 P_a の曲率半径を R_{11} とし、前記一方面 P_a の有効半径を s_{d11} としたとき、曲率半径 R_{11} および有効半径 s_{d11} は、以下の条件式

$$0.300 \leq s_{d11} / R_{11} \leq 0.600$$

を満たすことを特徴とするレンズユニット。

[0170] (031)

少なくともプラスチックレンズの一方面 P_a に反射防止層 P_3 を形成する形成工程を含むプラスチックレンズ P の製造方法において、

前記プラスチックレンズ P のガラス転移温度は 120°C 以上であり、

前記形成工程では、前記反射防止層 P_3 の成膜温度は、前記プラスチックレンズ P のガラス転移点温度よりも低く、前記反射防止層 P_3 の成膜温度と前記プラスチックレンズ P のガラス転移温度との差は、 30°C 以上であることを特徴とする。

[0171] (031) によれば、反射防止層 P_3 の成膜温度をプラスチックレンズ P のガラス転移温度より 30°C 以上低く抑えることによって、MTF 変化を抑えることができ、解像度を維持することができる。また、成膜温度を低く抑

えることによって、反射防止層 P 3 の残留応力を低減できるので、反射防止層に傷がつきにくい。

符号の説明

[0172] L…光軸、L a…物体側、L b…像側、P…プラスチックレンズ、P a…一方、P b…他方面、P a 1…レンズ中心、P a 2…レンズ外周、P 1…レンズ本体、P 2…ハードコート層、P 3…反射防止層

請求の範囲

[請求項1] 樹脂製のレンズ本体と、前記レンズ本体の少なくとも一方面を覆うハードコート層と、前記ハードコート層を前記レンズ本体とは反対側から覆う反射防止層と、を備え、

前記反射防止層の総膜厚 AR は、以下の条件式 (1)

$$200\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm} \cdots (1)$$

を満たし、

前記反射防止層において前記レンズ本体から最も離隔する最外層は二酸化珪素膜であって、前記最外層の膜厚を t_s としたとき、膜厚 t_s は、以下の条件式 (2)

$$60\text{ nm} \leq t_s \leq 150\text{ nm} \cdots (2)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項2] 樹脂製のレンズ本体と、前記レンズ本体の少なくとも一方面を覆うハードコート層と、前記ハードコート層を前記レンズ本体とは反対側から覆う反射防止層と、を備え、

前記反射防止層の総膜厚 AR は、以下の条件式 (1)

$$200\text{ nm} \leq AR \leq 500\text{ nm} \cdots (1)$$

を満たし、

前記反射防止層のナノインデント押し込み弾性率 E は、以下の条件式 (3)

$$70\text{ GPa} \leq E \leq 110\text{ GPa} \cdots (3)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項3] 請求項1 または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記レンズ本体は、環構造として環状イミド構造を有していることを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項4] 請求項1 または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記反射防止層は、二酸化珪素膜と、二酸化珪素膜より屈折率の大きい高屈折率膜とが交互に積層された誘電体多層膜であることを特徴

とするプラスチックレンズ。

[請求項5] 請求項4に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記高屈折率膜は四窒化三珪素膜であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項6] 請求項1または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記ハードコート層は、シリカ粒子を含有し、
前記ハードコート層における前記シリカ粒子の含有率をSとしたとき、含有率Sは以下の条件式(4)

$$40\% \leq S \leq 65\% \cdots (4)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項7] 請求項1または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記レンズ本体は、主鎖に環構造を有する構造単位を有するメタクリル系樹脂であって、

前記構造単位が、N-置換マレイミド単量体由来の構造単位、およびグルタリイミド系構造単位のうち、少なくとも一種の構造単位を含むことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項8] 請求項1または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記一方面的曲率半径をR11としたとき、曲率半径R11は、以下の条件式(5)

$$9.000\text{ mm} \leq R11 \leq 16.000\text{ mm} \cdots (5)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項9] 請求項1または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記レンズ本体の前記一方面的は、非球面であることを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項10] 請求項1または2に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記一方面的曲率半径をR11とし、前記プラスチックレンズの焦点距離をf1としたとき、曲率半径R11および焦点距離f1は、以下の条件式(6)

$$-5.000 \leq R_{11} / f_1 \leq -1.000 \cdots (6)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項11]

請求項1または2に記載のプラスチックレンズにおいて、

前記一方向の有効半径を s_{d11} とし、前記一方向の中心から前記有効半径に対応する半径位置まで前記一方向に沿って測定したときの距離を ARS_{11} としたとき、有効半径 s_{d11} および距離 ARS_{11} は、以下の条件式 (7)

$$1.000 < ARS_{11} / s_{d11} < 1.013 \cdots (7)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。

[請求項12]

請求項1または2に記載のプラスチックレンズを含む複数のレンズを備えたレンズユニットであって、

前記プラスチックレンズは、前記複数のレンズのうち、最も物体側で前記一方向を物体側に向けていることを特徴とするレンズユニット。

[請求項13]

請求項12に記載のレンズユニットにおいて、

前記複数のレンズからなるレンズ系全体の焦点距離を f_0 としたとき、曲率半径 R_{11} および焦点距離 f_0 は、以下の条件式 (8)

$$8.000 \leq R_{11} / f_0 \leq 14.000 \cdots (8)$$

を満たすことを特徴とするレンズユニット。

[請求項14]

請求項12に記載のレンズユニットにおいて、

半画角を ω としたとき、半画角 ω は以下の条件式

$$75 \text{ deg} \leq \omega \leq 120 \text{ deg}$$

を満たし、

前記一方向の曲率半径を R_{11} とし、前記一方向の有効半径を s_{d11} としたとき、曲率半径 R_{11} および有効半径 s_{d11} は、以下の条件式

$$0.300 \leq s_{d11} / R_{11} \leq 0.600$$

を満たすことを特徴とするレンズユニット。

- [請求項15] 請求項 1 または 2 に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記反射防止層を前記レンズ本体とは反対側から覆う防汚層、を備えることを特徴とするプラスチックレンズ。
- [請求項16] 請求項 1 または 2 に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記レンズ本体は、環構造として環状イミド構造を有し、
前記ハードコート層は、シリカ粒子を含有し、
前記ハードコート層における前記シリカ粒子の含有率を S としたとき、含有率 S は以下の条件式 (9)
$$20\% \leq S \leq 40\% \cdots (9)$$

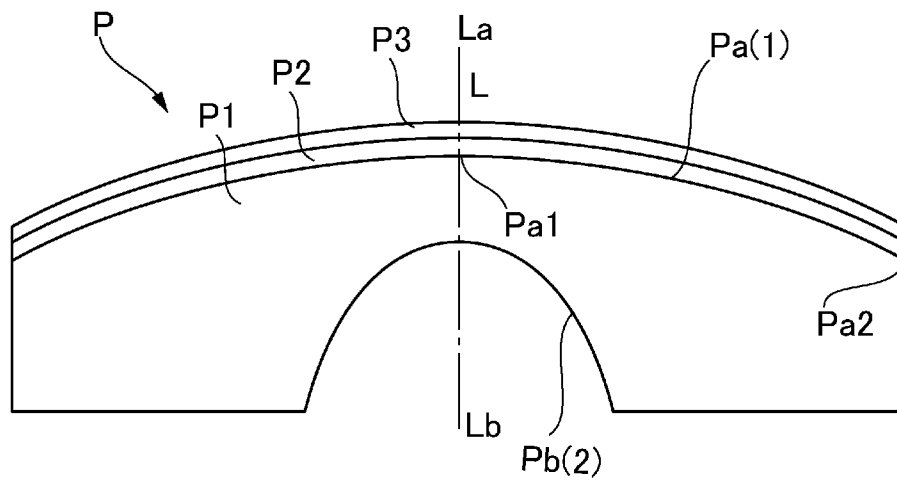
を満たし、
前記ハードコート層の重合度を DP としたとき、重合度 DP は以下の条件式 (10)
$$70\% \leq DP \leq 100\% \cdots (10)$$

を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。
- [請求項17] 請求項 16 に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記ハードコート層の膜厚 HC は、以下の条件式 (11)
$$6 \mu m \leq HC \leq 15 \mu m \cdots (11)$$

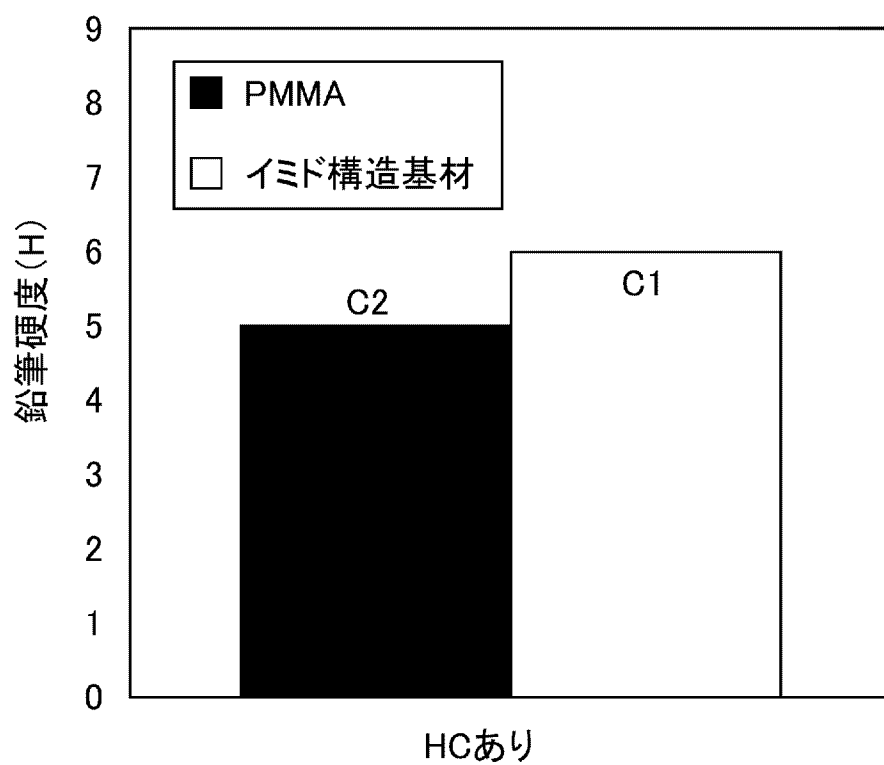
を満たすことを特徴とするプラスチックレンズ。
- [請求項18] 請求項 16 に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記反射防止層を前記レンズ本体とは反対側から覆う防汚層、を備えることを特徴とするプラスチックレンズ。
- [請求項19] 請求項 16 に記載のプラスチックレンズにおいて、
前記レンズ本体のガラス転移温度は $120^\circ C$ 以上であることを特徴とするプラスチックレンズ。
- [請求項20] 少なくともプラスチックレンズの一方面に反射防止層を形成する形成工程を含むプラスチックレンズの製造方法において、
前記プラスチックレンズのガラス転移温度は $120^\circ C$ 以上であり、
前記形成工程では、前記反射防止層の成膜温度は、前記プラスチック

クレンズのガラス転移温度よりも低く、前記反射防止層の成膜温度と前記プラスチックレンズのガラス転移温度との差は、 30°C 以上であることを特徴とするプラスチックレンズの製造方法。

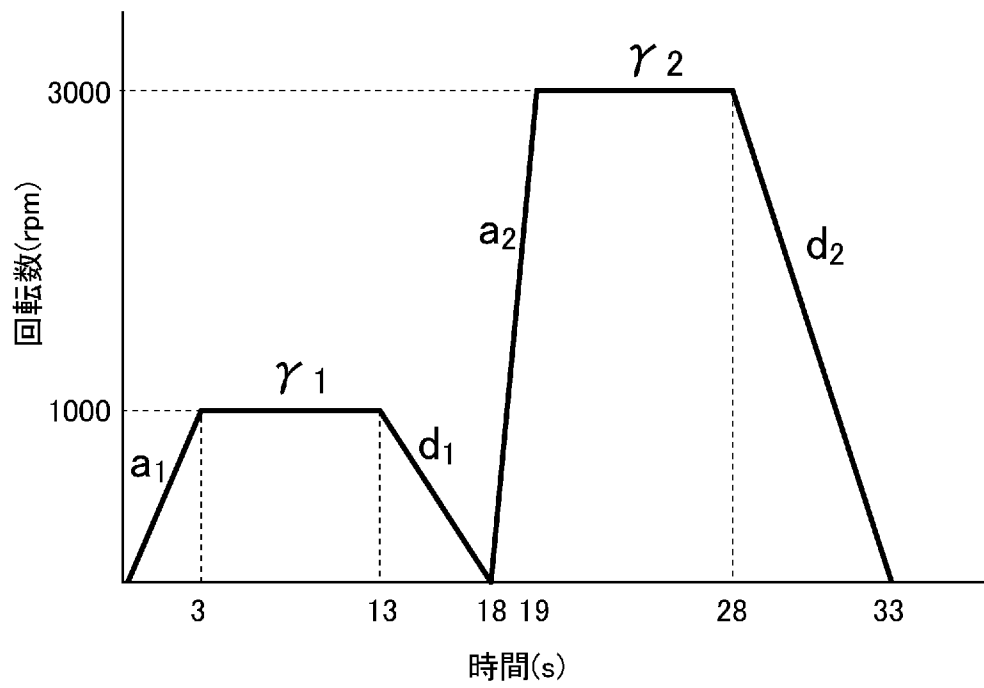
[図1]



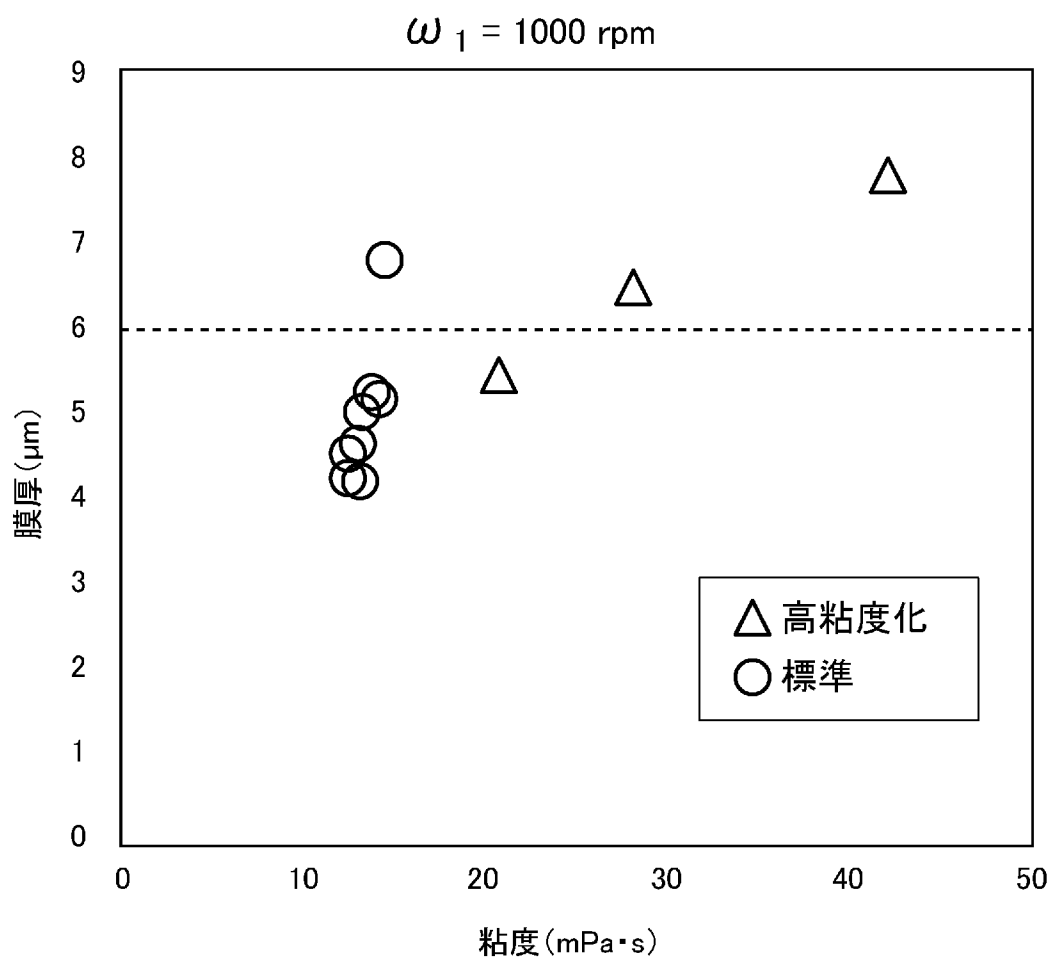
[図2]



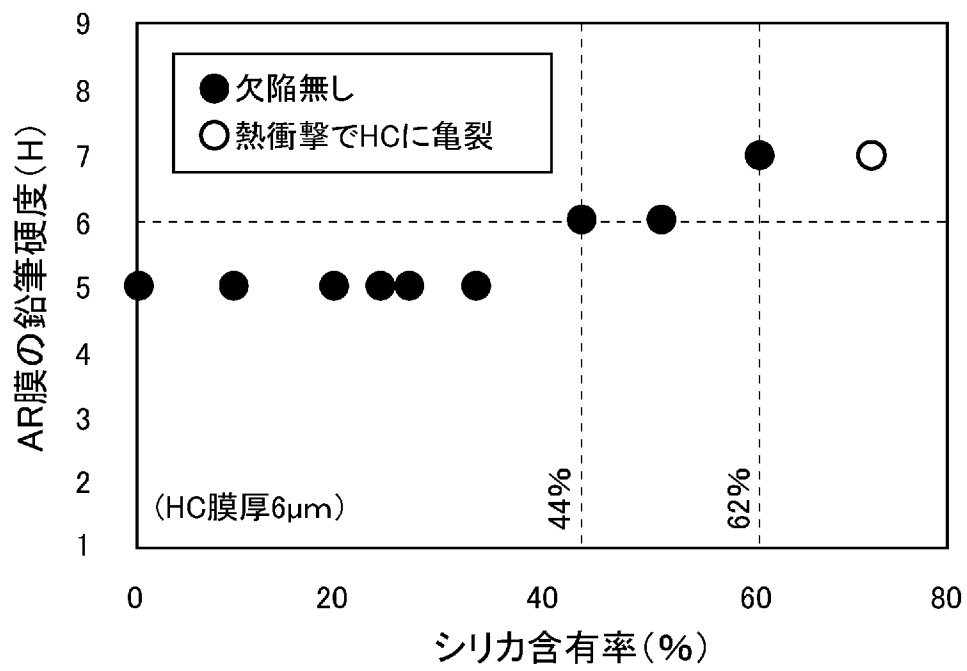
[図3]



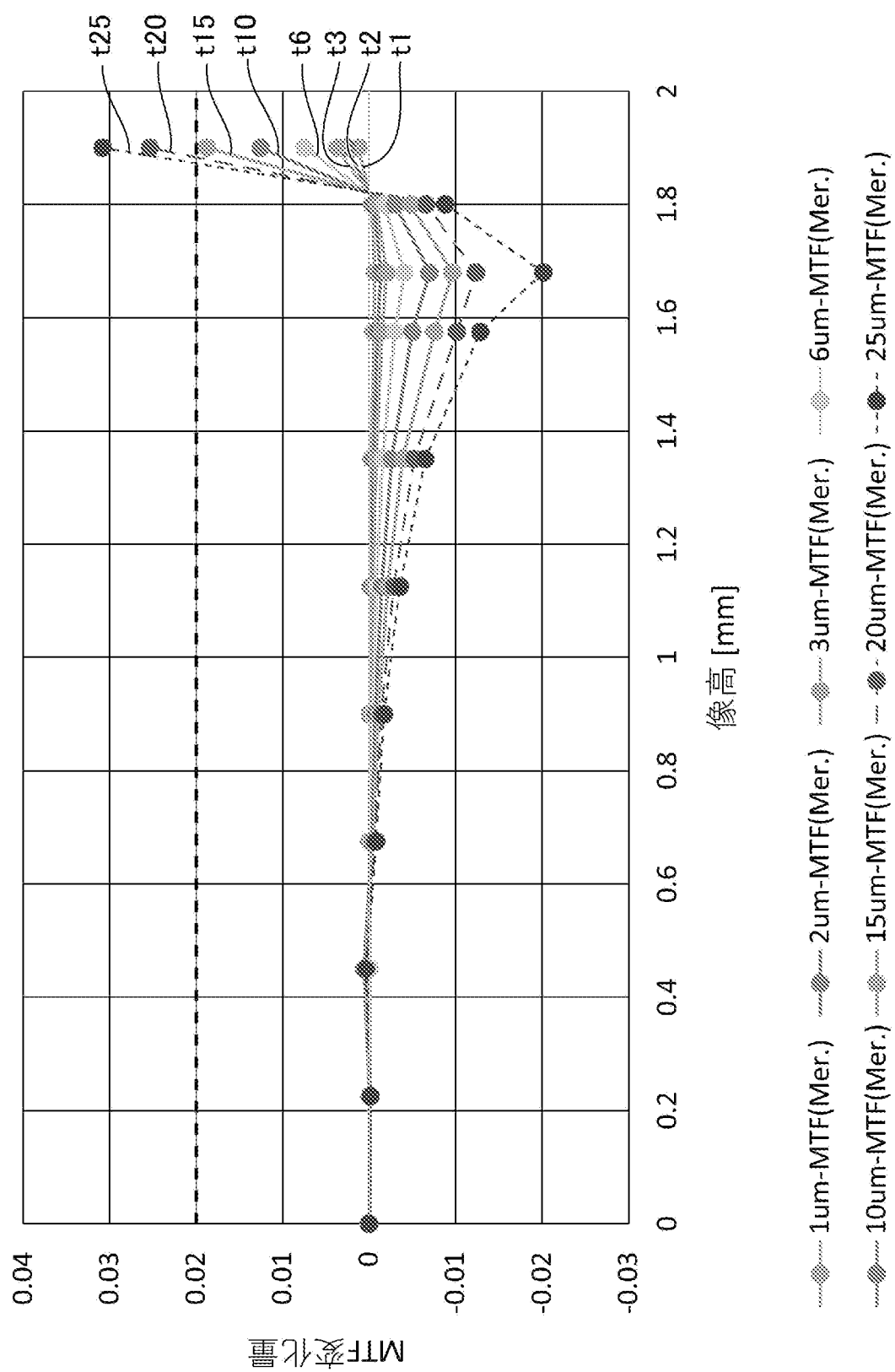
[図4]



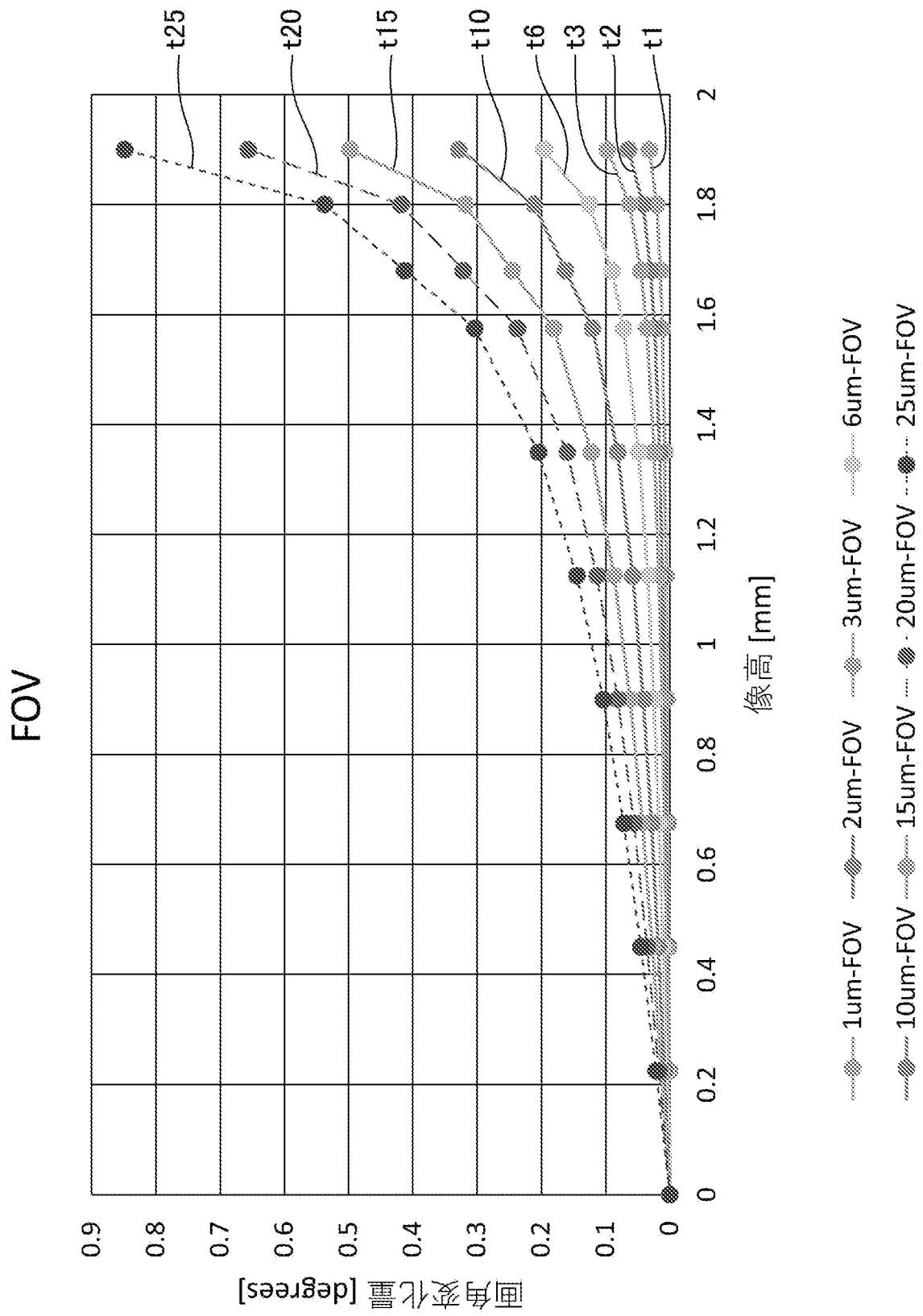
[図5]



MTE



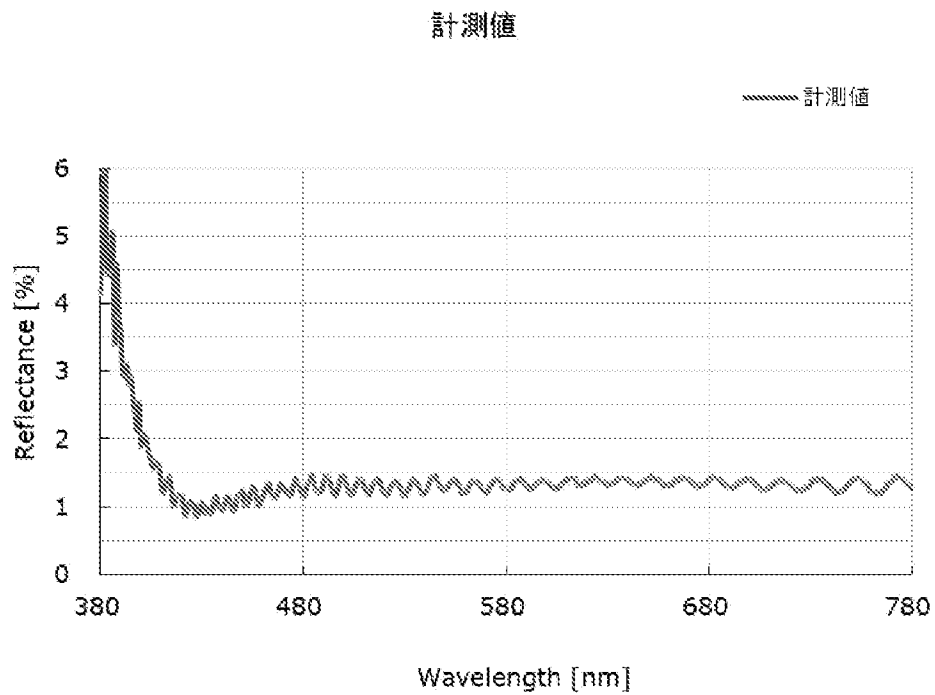
[図7]



[図8]

	組成	膜厚[nm]
1層目	Si ₃ N ₄	15.54
2層目	SiO ₂	46.26
3層目	Si ₃ N ₄	47.93
4層目	SiO ₂	16.00
5層目	Si ₃ N ₄	12.66
6層目	SiO ₂	8.00
7層目	Si ₃ N ₄	45.62
8層目	SiO ₂	104.17
計		296.18

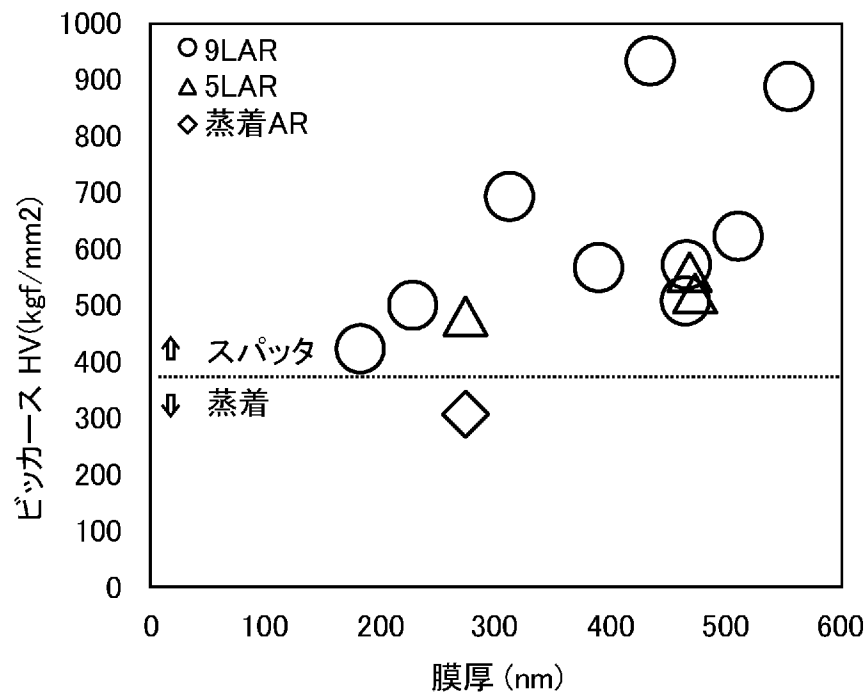
[図9]



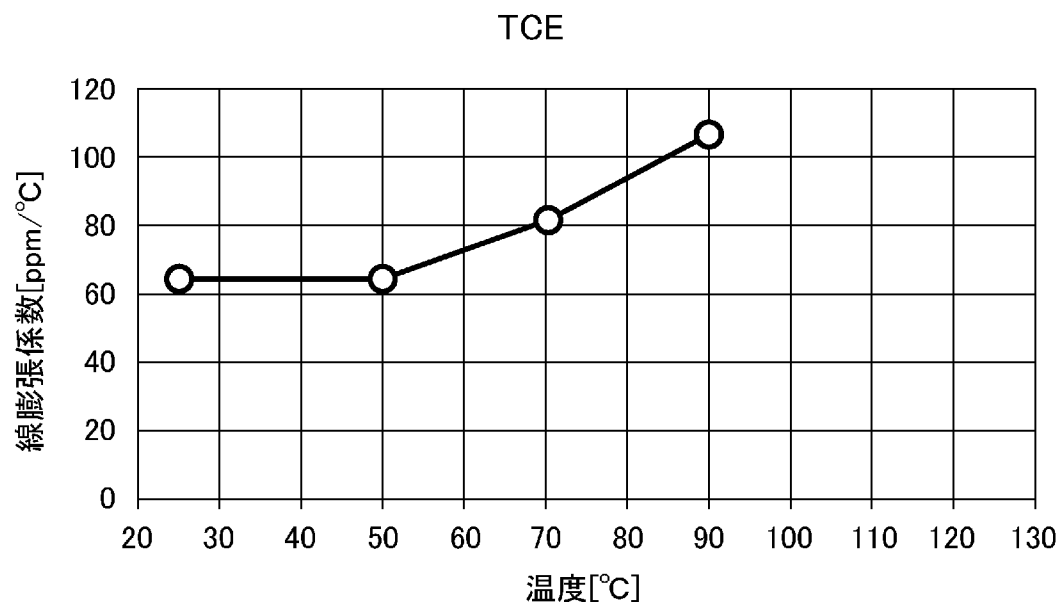
[図10]

反射防止膜における 押込み弾性率 [GPa]	反射防止膜における 鉛筆硬度 [H]	反射防止膜における 割れ発生の有無
56.9	5	無し
81.6	6	無し
111.8	—	有り
117.4	—	有り

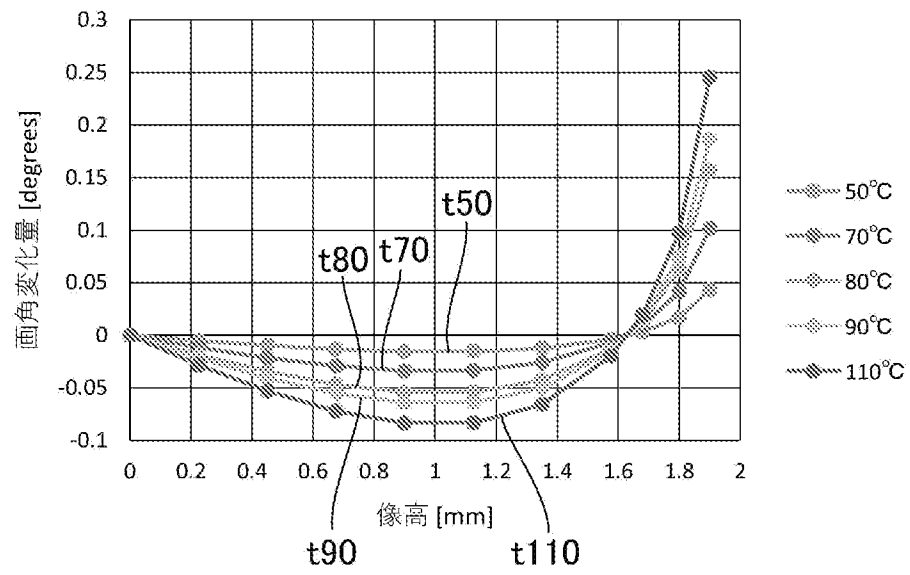
[図11]



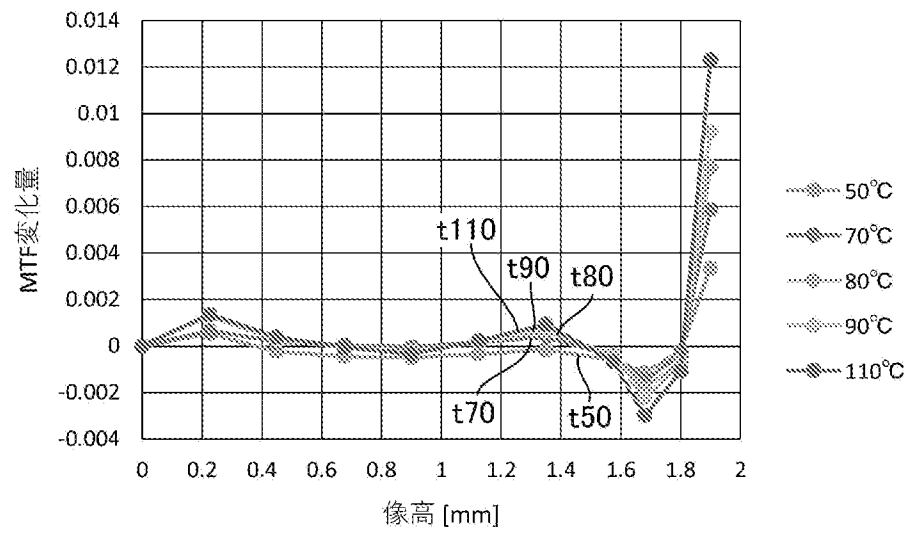
[図12]



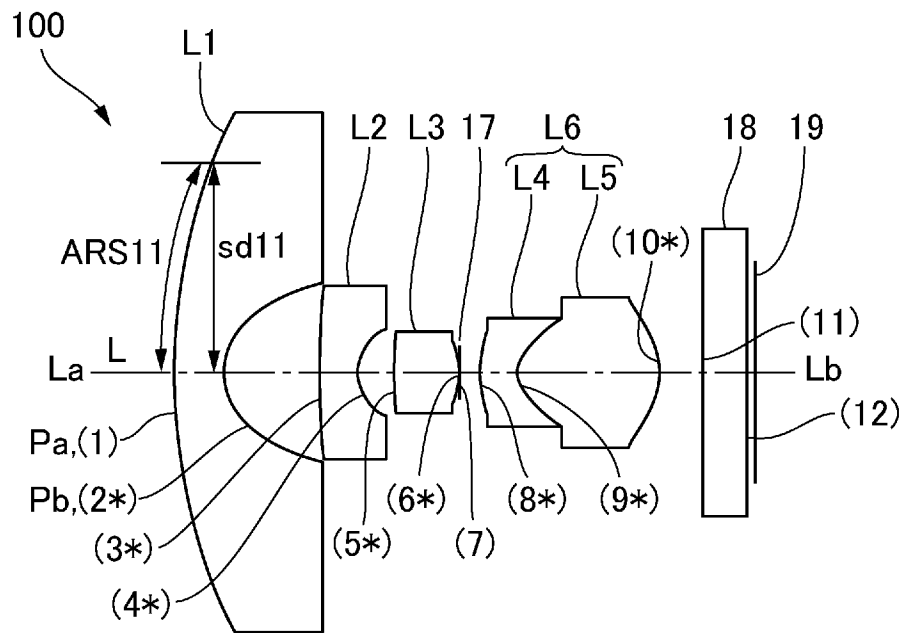
[図13]



[図14]



[図15]



[図16]

Effective Focal Length	0.822 mm
Total Track	9.206 mm
Image Space F/#	2.4
Max. Field of Angle	192 deg
Horizontal Field of Angle	192 deg

Surf	Radius	Thickness	Nd	ν d	f
1	11.100	0.800	1.491	58.0	-3.082
2*	1.300	1.500			
3*	29.500	0.600	1.512	56.2	-1.996
4*	0.980	0.580			
5*	5.200	1.040	1.583	30.2	2.453
6*	-1.825	0.000			
7(stop)	Infinity	0.326			
8*	1.700	0.600	1.632	23.3	-1.454
9*	0.515	2.250	1.531	55.8	1.217
10*	-1.308	0.685			
11	Infinity	0.700	1.517	64.1	
12	Infinity	0.125			

非球面係数

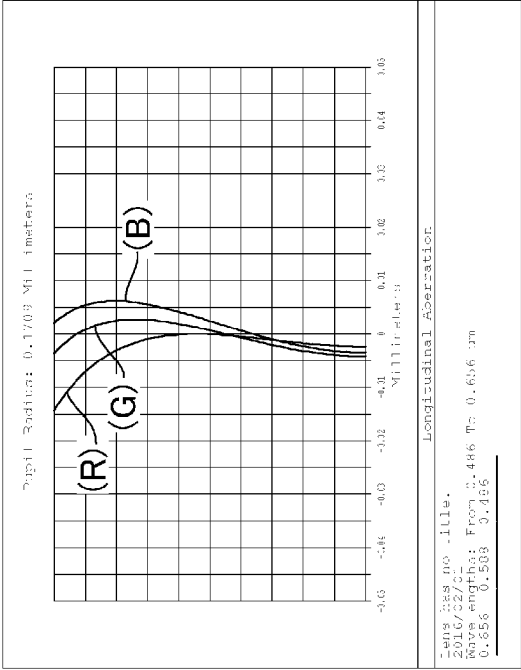
Surf	c (1/Radius)	K	A4	A6	A8	A10
2	7.69231E-01	-3.78000E-01	-1.68000E-02	1.44500E-02	0.00000E+00	0.00000E+00
3	3.38983E-02	0.00000E+00	1.74300E-02	-4.11800E-03	0.00000E+00	0.00000E+00
4	1.02041E+00	3.68000E-01	-6.66400E-02	1.99500E-01	-3.05700E-03	1.23000E-01
5	1.92308E-01	0.00000E+00	-9.26200E-02	2.16600E-01	-3.55400E-01	0.00000E+00
6	-5.47945E-01	2.95700E+00	-1.25400E-01	1.57300E-01	-3.95400E-02	0.00000E+00
8	5.88235E-01	-6.01700E+00	-4.35700E-02	-5.76400E-02	9.11700E-02	0.00000E+00
9	1.94175E+00	-1.03800E+00	-8.78900E-02	-3.32100E-01	3.55200E-01	-1.03500E-01
10	-7.64526E-01	-4.48500E+00	-8.85300E-02	4.11400E-02	-6.59300E-04	0.00000E+00

[図17]

	f0	f1	R11	ω	sd11	ARS11	R11/f0	R11/f1	sd11/R11	ARS11/sd11
構成例1	0.822	-3.082	11.100	95.901	4.550	4.685	13.509	-3.601	0.410	1.030
構成例2	1.410	-3.495	14.030	77.846	4.547	4.631	9.948	-4.015	0.324	1.018

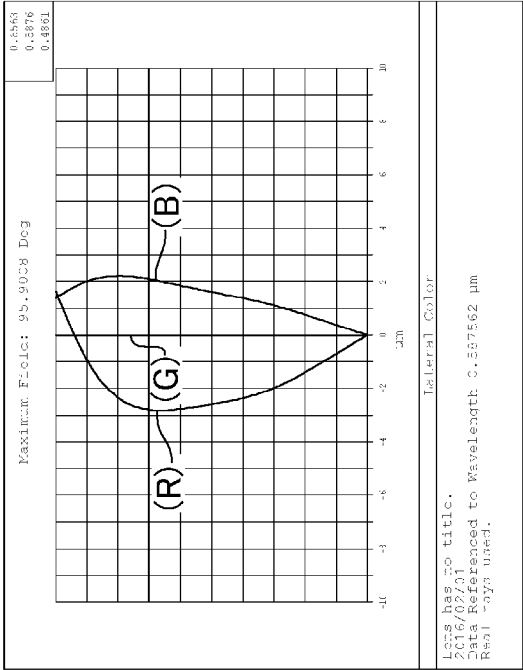
[図18]

(b)



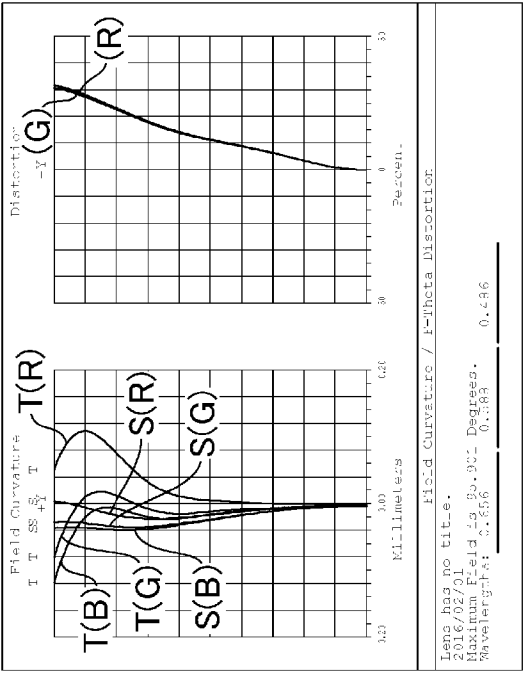
球面収差

(c)



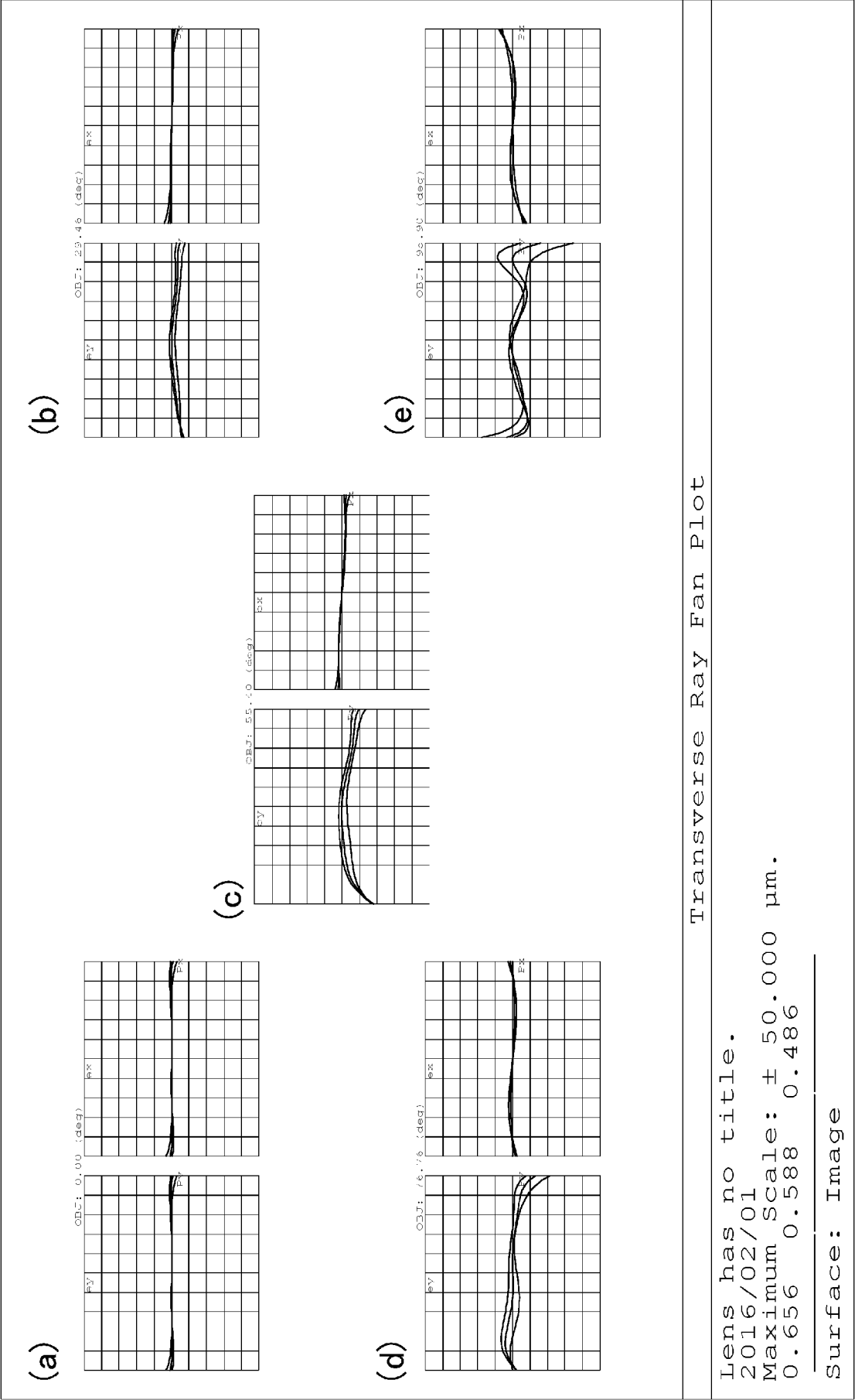
倍率色収差

(a)

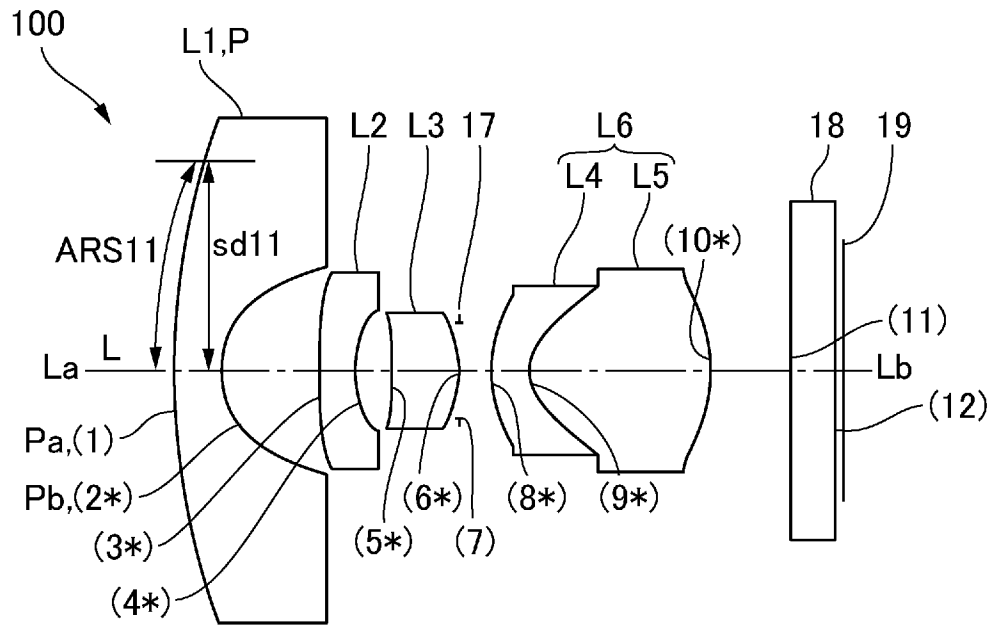


非点収差/デフォーシェン

[図19]



[図20]



[図21]

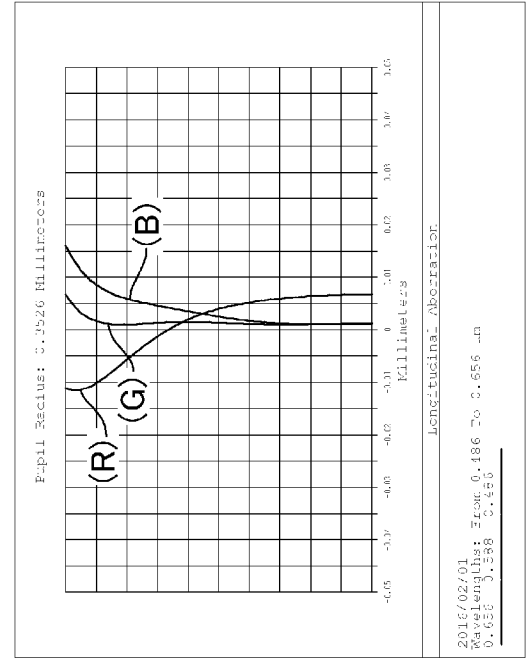
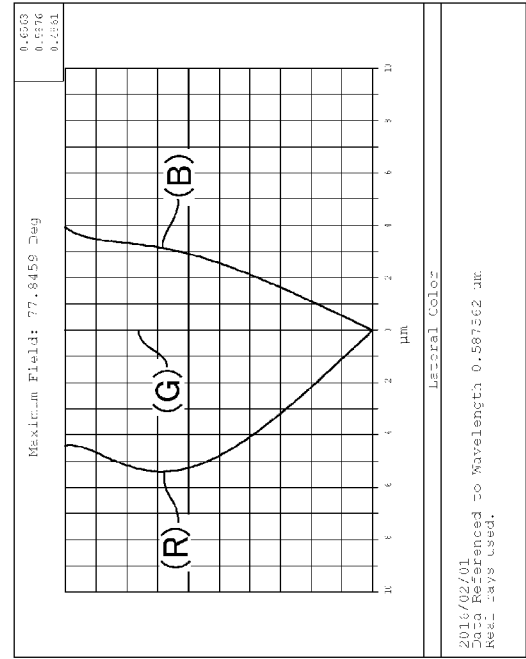
Effective Focal Length	1.410 mm
Total Track	11.378 mm
Image Space F/#	2.0
Max. Field of Angle	156 deg
Horizontal Field of Angle	130 deg

Surf	Radius	Thickness	Nd	ν d	f
1	14.030	0.800	1.491	58.0	-3.495
2*	1.500	1.650			
3*	14.586	0.630	1.512	56.2	-5.056
4*	2.165	0.630			
5*	-176.672	1.120	1.583	30.2	6.035
6*	-3.455	0.000			
7(stop)	Infinity	0.574			
8*	1.744	0.650	1.632	23.3	-2.787
9*	0.750	3.090	1.531	55.8	1.634
10*	-2.372	1.409			
11	Infinity	0.700	1.517	64.1	
12	Infinity	0.125			

非球面係数

Surf	c (1/Radius)	K	A4	A6	A8	A10
2	6.66667E-01	-3.61200E-01	1.01700E-03	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
3	6.85589E-02	0.00000E+00	-6.55800E-03	6.44400E-03	0.00000E+00	0.00000E+00
4	4.61894E-01	2.86700E+00	-3.29100E-02	3.51100E-03	-1.66100E-04	4.67600E-03
5	-5.66021E-03	0.00000E+00	-5.52600E-02	-6.55500E-02	9.79800E-02	-6.55700E-02
6	-2.89436E-01	1.25600E+00	-1.15300E-01	2.56900E-02	-8.16400E-03	0.00000E+00
8	5.73394E-01	-3.03600E+00	-2.07300E-02	8.27300E-04	1.45100E-03	0.00000E+00
9	1.33333E+00	-1.02800E+00	4.12500E-02	-1.20700E-01	4.99000E-02	-6.77000E-03
10	-4.21585E-01	-3.76700E+00	-7.87100E-03	1.30500E-03	9.06200E-04	0.00000E+00

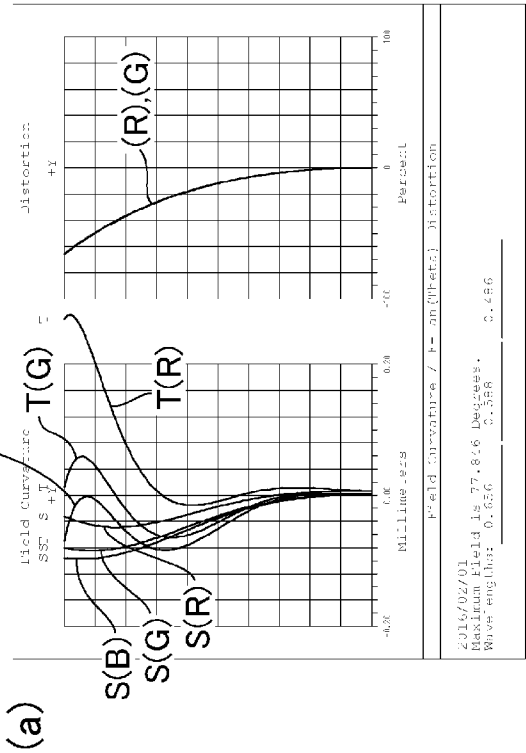
[図22]



球面収差

倍率色収差

(c)



非点収差/歪し

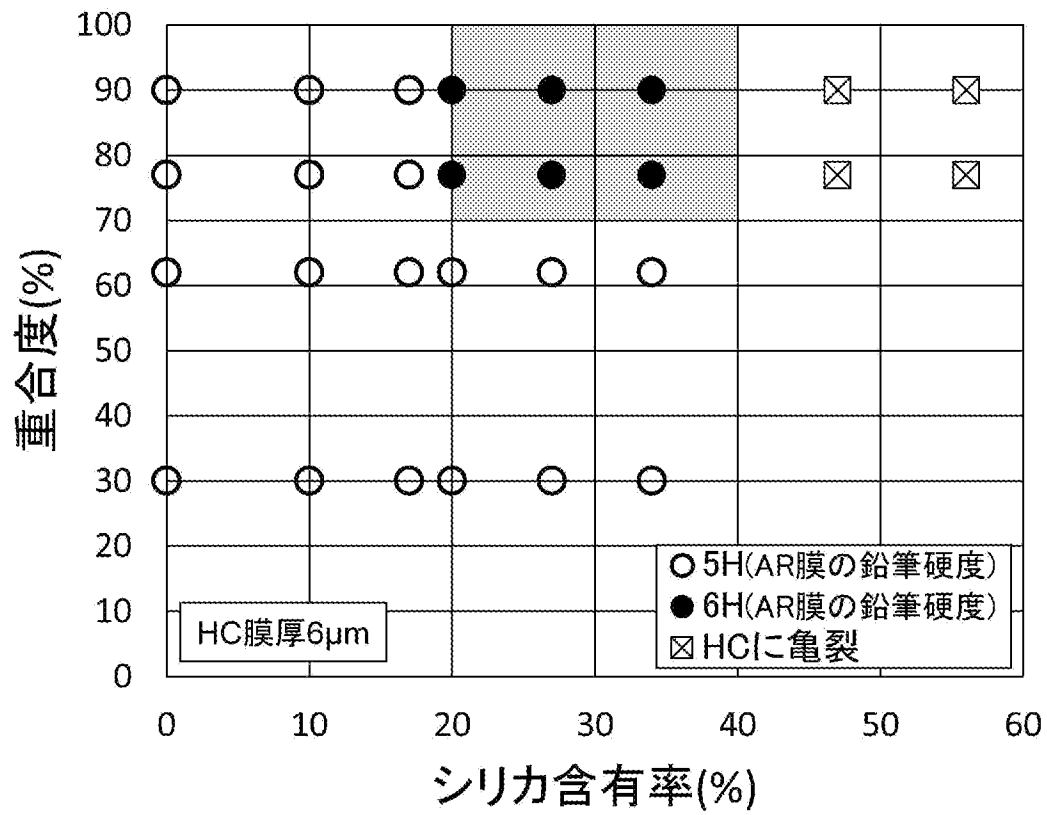
Transverse Ray Fan Plot

2016/02/01
Maximum Scale: $\pm 50.000 \text{ } \mu\text{m}$.
0.656 0.588 0.486

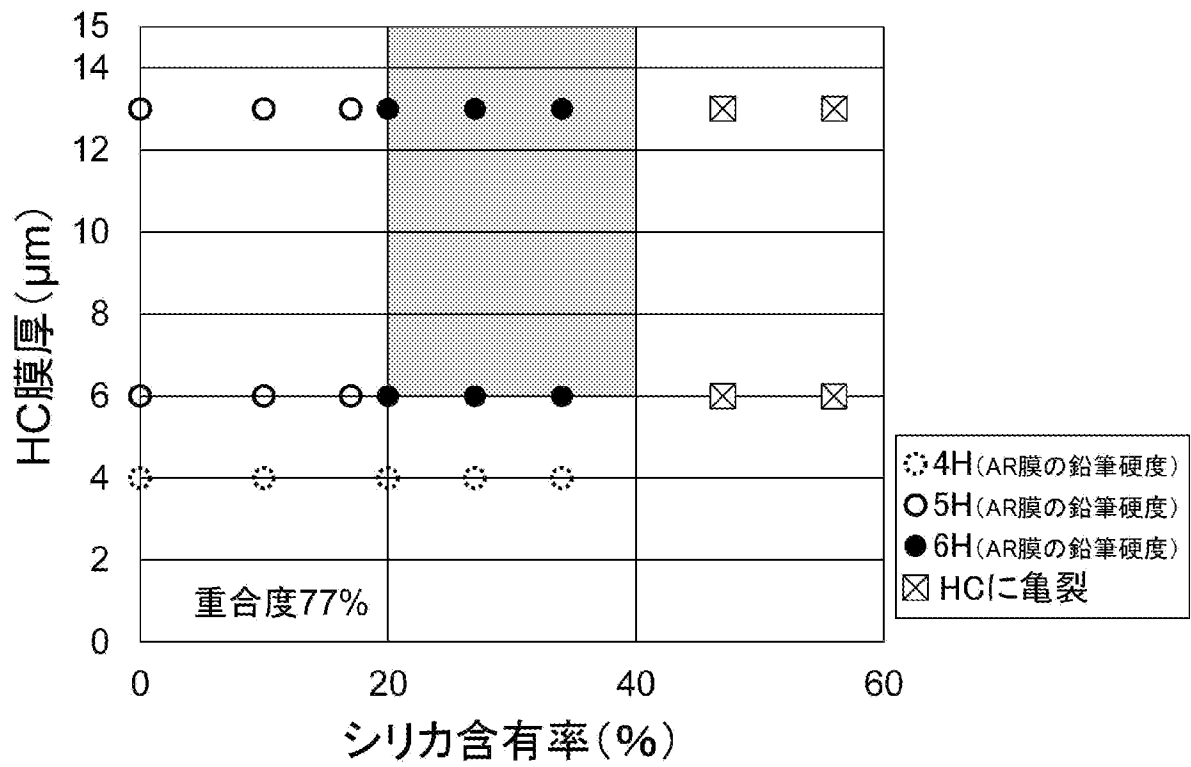
Surface: Image

横収差

[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/039433

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<p><i>G02B 1/115</i>(2015.01)i; <i>G02B 1/14</i>(2015.01)i; <i>G02B 1/18</i>(2015.01)i; <i>G02B 3/00</i>(2006.01)i; <i>G02B 3/02</i>(2006.01)i; <i>G02B 5/00</i>(2006.01)i; <i>G02B 7/02</i>(2021.01)i; <i>G02B 13/04</i>(2006.01)i; <i>G02B 13/18</i>(2006.01)i</p> <p>FI: G02B1/115; G02B1/14; G02B3/02; G02B3/00 Z; G02B13/04 D; G02B13/18; G02B7/02 D; G02B5/00 A; G02B7/02 B; G02B1/18</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
G02B1/115; G02B1/14; G02B1/18; G02B3/00; G02B3/02; G02B5/00; G02B7/02; G02B13/04; G02B13/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
<p>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996</p> <p>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022</p> <p>Registered utility model specifications of Japan 1996-2022</p> <p>Published registered utility model applications of Japan 1994-2022</p>		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2016-071338 A (ITO KOGAKU KOGYO KK) 09 May 2016 (2016-05-09)	1, 3-4, 15
Y	paragraphs [0141]-[0155], table 1, fig. 1	5-6
X	JP 2005-234188 A (ITO KOGAKU KOGYO KK) 02 September 2005 (2005-09-02)	1, 3-4, 15
Y	paragraphs [0096]-[0133], table 3, fig. 1	5-6
X	WO 2012/157072 A1 (ITO KOGAKU KOGYO KK) 22 November 2012 (2012-11-22)	1, 3-4, 15
Y	paragraphs [0097]-[0146], table 1-1, fig. 1	5-6
X	WO 2020/230618 A1 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.) 19 November 2020 (2020-11-19)	1, 3-4, 15
Y	paragraph [0077], table 1	5-6
	paragraph [0077], table 1	
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
23 December 2022		10 January 2023
Name and mailing address of the ISA/JP		Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		
		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/039433

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2019/188970 A1 (NIDEC CORP.) 03 October 2019 (2019-10-03) paragraph [0017]	5
Y	WO 2019/035398 A1 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 21 February 2019 (2019-02-21) paragraphs [0048], [0049]	6
Y	WO 2019/168021 A1 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 06 September 2019 (2019-09-06) paragraphs [0070], [0071]	6
A	JP 3-269507 A (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD.) 02 December 1991 (1991-12-02) page 2, lower left column	2
A	JP 2-267801 A (MITSUBISHI RAYON CO., LTD.) 01 November 1990 (1990-11-01) page 2, upper right column	2
A	US 2018/0219034 A1 (OMNIVISION TECHNOLOGIES, INC.) 02 August 2018 (2018-08-02) whole document, fig. 1-9	1, 3-6, 15

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2016-071338 A (ITOH OPTICAL INDUSTRIAL CO., LTD.) 09 May 2016 (2016-05-09), paragraphs [0141]-[0155], table 1, fig. 1 (Family: none)

Document 2: JP 2005-234188 A (ITOH OPTICAL INDUSTRIAL CO., LTD.) 02 September 2005 (2005-09-02), paragraphs [0096]-[0133], table 3, fig. 1 (Family: none)

Document 3: WO 2012/157072 A1 (ITOH OPTICAL INDUSTRIAL CO., LTD.) 22 November 2012 (2012-11-22), paragraphs [0097]-[0146], table 1-1, fig. 1 & EP 2711741 A1, paragraphs [0060]-[0100], table 1-1, fig. 1

Document 4: WO 2020/230618 A1 (SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.) 19 November 2020 (2020-11-19), paragraph [0077], table 1 & US 2022/0243071 A1, paragraph [0136], table 1 & EP 3970963 A1 & CN 113825634 A & KR 10-2022-0008874 A & TW 202106850 A

Document 1 (see fig. 1) discloses a lens L (plastic lens) comprising an organic glass substrate 11 (resin lens main body), a hard coat film 17 and an antireflective film 15 as an optical inorganic deposition film. For example, from the antireflective film AR1 in table 1, the total film thickness is calculated to be 232 nm (physical film thickness) and the thickness of the outermost SiO₂ layer is calculated to be 82 nm (physical film thickness).

Document 2 (see fig. 1) discloses an optical element (plastic lens) comprising an optical resin substrate 10 (resin lens main body), a hard coat 14 and an antireflective film 16 as an optical inorganic deposition film. For example, from example 1 in table 3, the total film thickness is calculated to be 229 nm (physical film thickness) and the thickness of the outermost SiO₂ layer is calculated to be 82 nm (physical film thickness).

Document 3 (see fig. 1) discloses an optical element (plastic lens) comprising an optical resin element 10 (resin lens main body), a hard coat 14 and an antireflective film 16 as an optical inorganic deposition film. For example, from example 1-3 in table 1-1, the total film thickness is calculated to be 252 nm (physical film thickness) and the thickness of the outermost SiO₂ layer is calculated to be 95 nm (physical film thickness).

Document 4 discloses a lens (plastic lens) comprising a PET film (resin lens main body), a clear hard coat and an antireflective layer that is a multilayer of Nb₂O₅/SiO₂/Nb₂O₅/SiO₂. Document 4 also indicates that the total thickness of the multilayer is 238 nm (physical film thickness) and the thickness of the outermost SiO₂ layer is 76 nm (physical film thickness).

The technical feature shared by claims 1-20 is a "plastic lens comprising a resin lens main body (plastic lens) and an antireflective layer". However, the technical feature is disclosed in documents 1-4, lacks novelty and thus is not a special technical feature.

The inventions in claims 1 and 3-4 also lack novelty in relation to all of documents 1-4, and thus do not have a special technical feature. Meanwhile, claim 5 dependent on claim 1 is found to have a special technical feature wherein "a high refractive index film is a trisilicon tetranitride film". Accordingly, claims 1-5 and claims 6 and 15 for which prior art search has been substantially completed, namely claims 1, 3-6 and 15 are classified as invention 1.

Next, the invention is claim 2 cannot be said to share a same or corresponding special technical feature with claim 5 classified as invention 1. In addition, the "specific modulus of indentation" of the invention in claim 2 has a problem of achieving both "scratch resistance and film stress" and is less relevant to the problem of the invention in claim 1, that is, "chemical resistance". Claim 2 has the special technical feature of having a "specific modulus of indentation". The invention in claim 20 and claim 19 share the feature of specifying the "glass transition temperature of a plastic". Thus, claims 7-11 and 16-19 dependent on claim 2 and claim 20, namely claims 2, 7-11 and 16-20 are classified as invention 2.

The invention in claim 12 does not share a same or corresponding special technical feature with the invention in claim 5 classified as invention 1. Although claim 12 is dependent on claim 2, the technical feature added in claim 12, "lens unit", is technically less relevant to the "plastic lens" in claims 1-2. Claims 12-14 have the special technical feature wherein "said one surface among the plurality of lenses faces towards an object at the closest side to the object", and thus the inventions in claim 12 and claims 13-14 dependent thereto, namely claims 12-14 are classified as invention 3.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/039433

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: **Claims 1, 3-6 and 15**

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/039433

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-071338	A	09 May 2016	(Family: none)	
JP	2005-234188	A	02 September 2005	(Family: none)	
WO	2012/157072	A1	22 November 2012	EP 2711741 A1 paragraphs [0060]-[0100], table 1-1, fig. 1	
WO	2020/230618	A1	19 November 2020	US 2022/0243071 A1 paragraph [0136], table 1 EP 3970963 A1 CN 113825634 A KR 10-2022-0008874 A TW 202106850 A	
WO	2019/188970	A1	03 October 2019	(Family: none)	
WO	2019/035398	A1	21 February 2019	(Family: none)	
WO	2019/168021	A1	06 September 2019	US 2021/0041603 A1 paragraph [0086] EP 3761071 A1 KR 10-2020-0126396 A CN 111989597 A	
JP	3-269507	A	02 December 1991	(Family: none)	
JP	2-267801	A	01 November 1990	(Family: none)	
US	2018/0219034	A1	02 August 2018	US 2020/0335534 A1 CN 108375809 A TW 201835609 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>G02B 1/115(2015.01)i; G02B 1/14(2015.01)i; G02B 1/18(2015.01)i; G02B 3/00(2006.01)i; G02B 3/02(2006.01)i; G02B 5/00(2006.01)i; G02B 7/02(2021.01)i; G02B 13/04(2006.01)i; G02B 13/18(2006.01)i FI: G02B1/115; G02B1/14; G02B3/02; G02B3/00 Z; G02B13/04 D; G02B13/18; G02B7/02 D; G02B5/00 A; G02B7/02 B; G02B1/18</p>																													
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>G02B1/115; G02B1/14; G02B1/18; G02B3/00; G02B3/02; G02B5/00; G02B7/02; G02B13/04; G02B13/18</p> <p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> <p>国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）</p>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年																			
日本国実用新案公報	1922-1996年																												
日本国公開実用新案公報	1971-2022年																												
日本国実用新案登録公報	1996-2022年																												
日本国登録実用新案公報	1994-2022年																												
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2016-071338 A（伊藤光学工業株式会社）09.05.2016（2016-05-09） [0141]-[0155], [表1], 図1</td> <td>1, 3-4, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>[0141]-[0155], [表1], 図1</td> <td>5-6</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 2005-234188 A（伊藤光学工業株式会社）02.09.2005（2005-09-02） [0096]-[0133], [表3], 図1</td> <td>1, 3-4, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>[0096]-[0133], [表3], 図1</td> <td>5-6</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2012/157072 A1（伊藤光学工業株式会社）22.11.2012（2012-11-22） [0097]-[0146], [表1-1], 図1</td> <td>1, 3-4, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>[0097]-[0146], [表1-1], 図1</td> <td>5-6</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>WO 2020/230618 A1（信越化学工業株式会社）19.11.2020（2020-11-19） [0077], [表1]</td> <td>1, 3-4, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>[0077], [表1]</td> <td>5-6</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	X	JP 2016-071338 A（伊藤光学工業株式会社）09.05.2016（2016-05-09） [0141]-[0155], [表1], 図1	1, 3-4, 15	Y	[0141]-[0155], [表1], 図1	5-6	X	JP 2005-234188 A（伊藤光学工業株式会社）02.09.2005（2005-09-02） [0096]-[0133], [表3], 図1	1, 3-4, 15	Y	[0096]-[0133], [表3], 図1	5-6	X	WO 2012/157072 A1（伊藤光学工業株式会社）22.11.2012（2012-11-22） [0097]-[0146], [表1-1], 図1	1, 3-4, 15	Y	[0097]-[0146], [表1-1], 図1	5-6	X	WO 2020/230618 A1（信越化学工業株式会社）19.11.2020（2020-11-19） [0077], [表1]	1, 3-4, 15	Y	[0077], [表1]	5-6
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																											
X	JP 2016-071338 A（伊藤光学工業株式会社）09.05.2016（2016-05-09） [0141]-[0155], [表1], 図1	1, 3-4, 15																											
Y	[0141]-[0155], [表1], 図1	5-6																											
X	JP 2005-234188 A（伊藤光学工業株式会社）02.09.2005（2005-09-02） [0096]-[0133], [表3], 図1	1, 3-4, 15																											
Y	[0096]-[0133], [表3], 図1	5-6																											
X	WO 2012/157072 A1（伊藤光学工業株式会社）22.11.2012（2012-11-22） [0097]-[0146], [表1-1], 図1	1, 3-4, 15																											
Y	[0097]-[0146], [表1-1], 図1	5-6																											
X	WO 2020/230618 A1（信越化学工業株式会社）19.11.2020（2020-11-19） [0077], [表1]	1, 3-4, 15																											
Y	[0077], [表1]	5-6																											
<p>☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																													
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>																													
<p>国際調査を完了した日</p> <p>23.12.2022</p>		<p>国際調査報告の発送日</p> <p>10.01.2023</p>																											
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>		<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>小西 隆 20 4081</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3271</p>																											

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2019/188970 A1 (日本電産株式会社) 03.10.2019 (2019 - 10 - 03) [0017]	5
Y	WO 2019/035398 A1 (大日本印刷株式会社) 21.02.2019 (2019 - 02 - 21) [0048]-[0049]	6
Y	WO 2019/168021 A1 (大日本印刷株式会社) 06.09.2019 (2019 - 09 - 06) [0070]-[0071]	6
A	JP 3-269507 A (日本板硝子株式会社) 02.12.1991 (1991 - 12 - 02) 第2頁左下欄	2
A	JP 2-267801 A (三菱レイヨン株式会社) 01.11.1990 (1990 - 11 - 01) 第2頁右上欄	2
A	US 2018/0219034 A1 (OMNIVISION TECHNOLOGIES, INC.) 02.08.2018 (2018 - 08 - 02) the whole document, Figures 1-9	1,3-6,15

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

文献1:JP 2016-071338 A (伊藤光学工業株式会社) 09.05.2016(2016-05-09)
[0141]-[0155],[表1],図1 [0141]-[0155],[表1],図1 (ファミリーなし)

文献2:JP 2005-234188 A (伊藤光学工業株式会社) 02.09.2005(2005-09-02)
[0096]-[0133],[表3],図1 (ファミリーなし)

文献3:W0 2012/157072 A1 (伊藤光学工業株式会社) 22.11.2012(2012-11-22)
[0097]-[0146],[表1-1],図1
& EP 2711741 A1, [0060]-[0100],[Table 1-1],Fig.1

文献4:W0 2020/230618 A1 (信越化学工業株式会社) 19.11.2020(2020-11-19)
[0077],[表1]
& US 2022/0243071 A1, [0136],[TABLE 1]
& EP 3970963 A1 & CN 113825634 A & KR 10-2022-0008874 A & TW 202106850 A

文献1には、有機ガラス基材11(樹脂製レンズ本体)とハードコート膜17と光学無機蒸着膜としての反射防止膜15とを備えたレンズL(プラスチックレンズ)が記載され(図1参照)、また、例えば、[表1]中の反射防止膜AR1から、総膜厚232nm(物理膜厚)、最外層のSiO₂層の膜厚82nm(物理膜厚)が算出される。

文献2には、樹脂製光学基材10(樹脂製レンズ本体)とハードコート14と光学無機蒸着膜としての反射防止膜16とを備えた光学要素(プラスチックレンズ)が記載され(図1参照)、また、例えば、[表3]中の実施例1から、総膜厚が229nm(物理膜厚)、最外層のSiO₂層の膜厚が82nm(物理膜厚)であることが算出される。

文献3には、樹脂製光学要素10(樹脂製レンズ本体)とハードコート14と光学無機蒸着膜としての反射防止膜16とを備えた光学要素(プラスチックレンズ)が記載され(図1参照)、また、例えば、[表1-1]中の実施例1-3から、総膜厚252nm(物理膜厚)、最外層のSiO₂層の膜厚95nm(物理膜厚)が算出される。

文献4には、PETフィルム(樹脂製レンズ本体)とクリアハードコートとNb₂O₅/SiO₂/Nb₂O₅/SiO₂の積層である反射防止層とを備えたレンズ(プラスチックレンズ)が記載され、ここで、積層の総膜厚が238nm(物理膜厚)、最外層のSiO₂層の膜厚が76nm(物理膜厚)であることが記載されている。

請求項1-20に共通する技術的特徴は、「樹脂製のレンズ本体(プラスチックレンズ)と反射防止層とを有するプラスチックレンズ」であるが、当該技術的特徴は、文献1-4のいずれにも記載されているから、新規性を有しておらず、特別な技術的特徴ではない。

また、請求項1,3-4に係る発明は、文献1-4のいずれに対しても新規性を有していないから特別な技術的特徴も有していない。ここで、請求項1の従属請求項である請求項5に、「高屈折率膜は四窒化三珪素膜である」という特別な技術的特徴が発見された。したがって、請求項1-5及び実質的に先行技術調査が実質的に終了している請求項6,15と併せて請求項1,3-6,15を発明1に区分する。

次に、請求項2に係る発明は、発明1に区分された請求項5と、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとは言えない。また、請求項2に係る発明の「特定の押込み弾性率」は、「耐傷性と膜応力」の両立を課題とするものであり、請求項1に係る発明の課題である「耐薬品性」と課題の関連性が低い。そして、請求項2は、「特定の押込み弾性率」を有するという特別な技術的特徴を有している。ここで、請求項20に係る発明は、請求項19と同様に、「プラスチックのガラス転移温度」を特定する点で請求項19と共通している。そこで、請求項2に従属する請求項7-11,16-19及び請求項20と併せ、請求項2,7-11,16-20を発明2に区分する。

次に、請求項12に係る発明は、発明1に区分された請求項5に係る発明と同一の又は対応する特別な技術的特徴を有していない。また、請求項12は、請求項2の従属請求項ではあるが、請求項12において追加された技術的特徴である「レンズユニット」は、請求項1-2の「プラスチックレンズ」と技術的関連性が低い。そして、請求項12-14は、「複数のレンズのうち、最も物体側で前記一方面を物体側に向けている」という特別な技術的特徴を有しているため、請求項12及び従属請求項である請求項13-14に係る発明と併せ、請求項12-14を発明3に区分する。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。 請求項1, 3-6, 15

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/039433

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-071338	A	09.05.2016	(ファミリーなし)	
JP	2005-234188	A	02.09.2005	(ファミリーなし)	
WO	2012/157072	A1	22.11.2012	EP 2711741 A1	
				[0060]-[0100], [Table 1-1], Fig. 1	
WO	2020/230618	A1	19.11.2020	US 2022/0243071 A1	
				[0136], [TABLE 1]	
				EP 3970963 A1	
				CN 113825634 A	
				KR 10-2022-0008874 A	
				TW 202106850 A	
WO	2019/188970	A1	03.10.2019	(ファミリーなし)	
WO	2019/035398	A1	21.02.2019	(ファミリーなし)	
WO	2019/168021	A1	06.09.2019	US 2021/0041603 A1	
				[0086]	
				EP 3761071 A1	
				KR 10-2020-0126396 A	
				CN 111989597 A	
JP	3-269507	A	02.12.1991	(ファミリーなし)	
JP	2-267801	A	01.11.1990	(ファミリーなし)	
US	2018/0219034	A1	02.08.2018	US 2020/0335534 A1	
				CN 108375809 A	
				TW 201835609 A	